



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Stadsträds bidrag i stadens anpassning till ett förändrat klimat – fallstudie Malmö

Sofie Björklund

Självständigt arbete • 30 hp
Landskapsarkitektprogrammet
Alnarp 2014

Stadsträds bidrag i stadens anpassning till ett förändrat klimat – fallstudie Malmö

The contribution of urban trees in the city's adaptation to a changed climate – case study Malmö



Författare: Sofie Björklund

Handledare: Johan Östberg, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Anders Kristoffersson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Biträdande examinator: Åsa Ode Sang, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: A2E

Kurstitel: Master Project in Landscape Architecture

Kurskod: EX0775

Ämne: Landskapsarkitektur

Program: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2014

Omslagsbild: Författaren

Övriga bilder: Författaren om inget annat anges

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: stadsträd, klimatförändringar, klimatanpassning, Malmö, ekosystemtjänster, transpiration, skuggning, dagvattenhantering, luftföroreningar.

SLU, Sveriges Lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning



Sammandrag

Klimatet förändras och kommer så att göra även om vi idag slutar med våra utsläpp. Vi behöver därför anpassa oss till de förväntade förändringarna för att undvika risker för människor och skador på samhällssystem. I Malmö väntas temperatur, nederbörd och kanske också luftkvalitet ändras. Detta arbete behandlar de atmosfäriska klimatförändringarna. Därför har exempelvis havsvattennivåhöjningen uteslutits i detta arbete trots att den kommer att ha stor påverkan på Malmö. Stadsträd kan inverka positivt på stadsklimatet och lindra effekter av klimatförändringar. Stadsträd är därför lämpliga att använda i klimatanpassningsarbetet. På vilka olika sätt stadsträd kan bidra till stadens klimatanpassning undersöks i resultatets första del. Här är en kort sammanfattning:

- Klimatförändringarna för med sig en ökad medeltemperatur. Stadsträd kan sänka temperaturen i staden genom sin transpiration och genom skuggning av ytor, byggnader etc. På så vis kan stadsträd bidra till att mildra effekten av UHIE (urban heat island effect), samt effekten av värmeböljor.
- Södra Sverige kommer att få mer nederbörd under vinterhalvåret och mindre under sommarhalvåret. Däremot kommer regnen under somrarna att bli mer intensiva vilket ökar behovet av dagvattenhantering. Stadsträd kan fördröja, ta upp och avdunsta dagvatten. Detta gör de genom att fånga upp regn i kronan där det endera kan avdunsta direkt eller fördröjas från

att droppa ner på marken. När regnvattnet har nått marken kan dagvattnet rinna ner i trädgropen och därigenom minska dagvattenflödena.

- Luftkvaliteten påverkas främst av trafiken, men i viss mån även av klimatförändringarna. Marknära ozon och partiklar är framförallt de luftföroreningar som kan påverkas av ett förändrat klimat. Dessa är också skadliga för hälsan. Stadsträd kan minska bildandet, ta upp och sänka halterna av luftföroreningar. Detta kan framförallt ske genom uppfångande i kronan och genom sänkning av temperaturen, vilket hindrar nybildning.

Malmö pågående gröna anpassningsarbete, med fokus på stadsträd, undersöks i resultatets andra del. Denna undersökning baseras på det skrivna material som finns att tillgå via Malmö hemsida. Denna metod har valts grundat på att det som står skrivet finns tillgängligt för alla, medan det som bara en person känner till bara kan nå ut till dem som frågar denne. I denna del konstateras att Malmö har ett aktivt klimatanpassningsarbete, vilket utgår från de övergripande miljömål Malmö har satt upp fram till år 2020.

Malmö vill bland annat öka grönskan i staden för att denna kan sänka temperaturen och ta upp dagvatten. De nämner också att grönskan kan rena luften från luftföroreningar som trafiken släpper ut.

Av de egenskaper stadsträd har som lyfts fram i den första delen av resultatet, har Malmö noterat förmågan att sänka temperaturen genom transpiration (avdunstning) och skuggning. De har också noterat upptaget av dagvatten via rötterna. Däremot har de inte skrivit något om stadsträdens förmåga att fånga upp regnvatten i kronan och som endera fördröjs från att nå marken eller direkt avdunstar. De har heller inte skrivit något om den påverkan klimatförändringarna kan ha på luftkvaliteten och om stadsträd kan användas i denna anpassning.

Malmö bedriver ett aktivt arbete med att använda grönytor i klimatanpassningen. I dessa grönytor ingår också stadsträden. Dock behandlas stadsträden bara på ett fåtal ställen skilt från övrig vegetation, varför det finns anledning att anta att en större medvetenhet kring användandet av stadsträd kan skapas.

An aerial photograph of a park area with numerous young trees, possibly birches, with light-colored bark and green foliage. A paved path or road runs through the trees. In the background, a modern building with large windows is visible. The word "Abstract" is written vertically in a large, white, sans-serif font over the left side of the image.

Abstract

The climate is changing, and will continue to do so even if we stop our emissions today. Therefore we need to adapt to the predicted changes in order to avoid risks for humans and damages on social systems. In Malmö the temperature, precipitation and maybe also the air quality is predicted to change. This work is about the atmospheric climate changes. The sea-level rise has of this reason been excluded, even if it widely will affect Malmö. Urban trees can positively affect the urban climate and alleviate effects of climate change. Thus, urban trees are suitable to use in the climate adaptation work. In which ways urban trees can contribute to the urban adaptation is investigated in the first part of the result. Here is a short summary:

- The climate changes bring an increased mean temperature. Urban trees can lower the temperature in the city by transpiration and by shading of surfaces, buildings etc. In this way urban trees can contribute to alleviate the effect of UHIE (urban heat island effect) and heat waves.
- Southern Sweden will get more precipitation during the winter and less during the summer. The rainfalls during summer will become more intense, which increases the need of stormwater management. Urban trees can delay the runoff when rain is caught in the crown and they can also evaporate rainwater directly from the leaves. When the rain has reached the ground, the runoff water can flow down in the tree pit and thereby lower the stormwater runoff.

- The air quality is primarily affected by the traffic, but also to some extent by the climate changes. Surface ozone and particulate matter are the air pollutants that are most hazardous to human health and at the same time can be affected by climate change. Urban trees can reduce the formation, take up and lower the concentrations of air pollutants. This is mainly made through uptake in the crown and by lowering the temperature, which prevents formation.

In the second part of the result, Malmö's ongoing green adaptation work with focus on urban trees, is investigated. This investigation is based on the written material, that is available at Malmö's homepage. This method has been chosen due to the fact that what is written is available for everyone, while what only one person knows, only can be provided to the ones who asks this person. Malmö has an active climate adaptation work. This work proceeds from the overall environmental goals that Malmö sat up until 2020.

Malmö want to increase the urban greenery since it can lower the temperature and take up stormwater. They also mention that greenery can purify the air from pollutants that the traffic emits. Out of the abilities that are treated in the first part of the result, Malmö has paid attention to the ability to lower temperature through transpiration and shading. They have also noted the ability to take up water through the roots. In contrast, they have not

written anything about the ability of urban trees to collect rainwater in the crown, which either can delay the water from reaching the ground or directly evaporate it from the leaves and branches. Nor have they written about the affect climate change can have on air quality and if urban trees can be used in this adaptation.

Malmö actively uses green spaces in the climate adaptation. Urban trees are a part of these, but are only few times treated on their own in adaptation texts. A greater consciousness in the use of urban trees can probably be created.



Förord

För fem år sedan flyttade jag 52 mil söderut för att utbilda mig till landskapsarkitekt på SLU i Alnarp. Pappa var samtidigt vänlig nog att upplysa mig om att "Nu har du bara tio terminer kvar!". I januari hade jag gått nio av dessa och hade bara den sista terminen kvar då jag skulle skriva mitt examensarbete. Först tänkte jag skriva om fyto Remediering, men hittade då ett mycket trevligt examensarbete som precis handlade om det jag tänkte skriva om. Jag bytte då ämne till en metodjämförelse av värderingsmetoder för träd, men fann återigen ett arbete i detta ämne. Jag ville skriva om något ingen student redan hade skrivit om, och hittade så småningom in på spåret träd och klimatanpassning. Eftersom klimatanpassning utgår ifrån lokala behov och förutsättningar var det lämpligt att välja en specifik stad. Valet föll på Malmö eftersom detta är en relativt stor stad som jag visste arbetar en hel del med klimatförändringarna och dess påverkan på staden. Många omarbetningar har sedan dess gjorts, vilka bit för bit har lett arbetet framåt.

Nu har januari blivit maj och jag har även avklarat den tionde terminen, vilken resulterat i detta arbete. Inte nog med det, jag kom på ett ämne för arbetet som jag efter fyra månader fortfarande inte har tröttnat på!

Mitt mål med upplägget av detta arbete har varit att hålla det relevant och kärnfullt för att intressera läsaren och tydligt lyfta det som är viktigt. Onödigt långa utläggningar eller exempelvis tomma sidor platsar inte i ett arbete som handlar om klimatförändringarna och anpassningar därtill med hjälp av träd!

Min förhoppning är att Malmö i sitt fortsatta anpassningsarbete både kan dra nytta av fakta i resultatet och kommentarer i diskussionen och använda detta för att utveckla sitt klimatanpassningsarbete, samt sätta upp tydligare mål för detta. Förhoppningsvis kan även fler tillägna sig kunskaper från arbetets första del och hämta inspiration från den andra. Jag önskar er alla lycka till och hoppas att ni har fått med er något av detta arbete som ni kan ha nytta av!

Jag vill framföra ett stort tack till min handledare Johan Östberg som under arbetets gång har bidragit med sina kunskaper och åsikter både i ämnet och kring uppsatsskrivandet. Jag vill också framföra ett stort tack till alla på Tema i Malmö. Det har varit mycket bra för arbetets framskridande att få sitta på ett kontor, vid ett eget skrivbord, och på så vis få effektiva arbetsdagar och (under större delen av arbetet) normala arbetstider. Tack till min sambo som alltid stöttar mig och som har varit så snäll att stå med maten färdig när jag kommit hem efter lite för långa arbetsdagar. Tack till mamma som har uppmuntrat och bidragit med genomläsande av arbetet. Stort tack till Robin och Malin som kom med förslag och hjälpte mig att komma vidare när jag totalt hade kört fast. Ett stort tack vill jag också framföra till alla mina vänner, övrig familj och släkt som jag nu kan ha lite mer tid för!

Malmö, 20/5 2014
Sofie Björklund



Innehåll

SAMMANDRAG	
ABSTRACT	
FÖRORD	
INLEDNING	9
MÅL OCH SYFTEN	11
MATERIAL OCH METOD	11
<i>Avgränsning</i>	12
RESULTAT	14
STADSTRÄD SOM KLIMATANPASSARE	14
<i>Temperatur</i>	15
<i>Nederbörd</i>	20
<i>Luftkvalitet</i>	25
<i>Sammanfattning</i>	30
MALMÖS GRÖNA KLIMATANPASSNINGSSARBETE	32
<i>Klimatanpassning i Malmös styrande dokument</i>	32
<i>Stadsträd i Malmös klimatanpassningsarbete</i>	33
<i>Temperatur</i>	35
<i>Nederbörd</i>	35
<i>Luftkvalitet</i>	37
<i>Sammanfattning</i>	38
DISKUSSION	40
ARBETETS DELAR	40
<i>Temperatur</i>	41
<i>Nederbörd</i>	42
<i>Luftkvalitet</i>	43
KLIMATANPASSNINGSSARBETET I MALMÖ	43
<i>Användandet av stadsträd i Malmö</i>	44
<i>Hinner Malmö anpassa sig i tid?</i>	45
<i>Summering</i>	47
SLUTSATS	48
KÄLLFÖRTECKNING	49

Medeltemperaturen har sedan industrialiseringen tog fart globalt ökat 0,8°C. Över polerna har den ökat ännu mer. Havstemperaturen har höjts, stora mängder snö och is har smält och havsvattennivån har därför höjts. Nederbörds mängder har ändrats och ändringar i väderextremer har börjat noteras. Koncentrationen av växthusgaser har höjts. Detta har redan hänt och klimatet står inför ännu större förändringar framöver (EEA, 2012a; IPCC, 2013b).

De flesta prognoser och klimtrapporter sträcker sig fram till slutet på detta århundrade. Till dess är det så gott som säkert att vi globalt kommer att få uppleva fler och längre perioder av extrem värme, men färre av extrem kyla. Enstaka kalla vinterextremer kommer dock att fortsätta inträffa. Det är högst troligt att fler och längre värmeböljor kommer att inträffa (IPCC, 2013b, ss.17-27). I sin tur leder det till förvärrade effekter av "the urban heat island effect", härafter förkortad UHIE (benämns på svenska urban värmeö) (EEA, 2012b, s.21). Områden med mycket nederbörd kommer att få mer nederbörd, medan områden med lite nederbörd kommer att få ännu mindre. Skillnaderna mellan torra och våta säsonger kommer att öka. Haven kommer att fortsätta att värmas upp vilket i sin tur påverkar havsströmmarna och havsvattennivån (IPCC, 2013b, ss.17-27). Gällande luftkvaliteten påverkas den främst av utsläpp och drivs inte direkt av klimatförändringarna. Dock påverkas vissa luftföroreningar av bland annat temperatur och förvärras

därmed av klimatförändringarna. Marknära ozon och partiklar är de luftföroreningar som främst påverkas av ett förändrat klimat. Prognosen för marknära ozon är lite säkrare än för partiklar (IPCC, 2013b, s.22; Jacob & Winner, 2009; Langner et al., 2005). Marknära ozon särskiljs från det ozon som finns i ozonlagret. Nära marken kan ozon skada både människor, djur, växter och föremål. Ozonlagret skyddar oss från solens ultraviolettera strålning som annars skulle orsaka stora skador på människor, växter och djur (Naturvårdsverket, 2014-03-17; Naturvårdsverket, 2013-02-07).

Klimatet förändras dock inte enhetligt över hela Jorden. Globalt förändras klimatet generellt sett i en viss riktning, men på regional nivå kan klimatet förändras på motsatt sätt (EEA, 2013, s.37). Detta innebär att de generella förändringarna som gäller för hela Jorden nödvändigtvis inte gäller för Sverige och Malmö. Anpassningar till klimatförändringarna kan inte göras på en global skala, utan måste passa lokala förutsättningar och behov (EEA, 2013, s.8).

I städer bildas ett mikroklimat som skiljer sig från det omgivande klimatet. Även vädret i städer kan påverkas av städerna själva. I studier av amerikanska städer var den årliga medeltemperaturen 0,7°C högre än omgivningen. Solinstrålningen var reducerad med upp till 20% och vindhastigheten sänkt med 10-30% (Haughton & Hunter, 1994 se Bolund & Hunhammar, 1999). Detta

beror på att naturliga ytor byts ut mot artificiella ytor som bland annat absorberar värme i en mycket högre grad. Det är dessa stadsfenomen som skapar UHIE. Dessa ytor påverkar förutom lufttemperaturen även vindriktningar, nederbördsmönster etc. Detta får följd effekter som exempelvis kan vara att byggnader och infrastruktur skadas på grund av översvämningar och att hälsoproblem uppstår på grund av värme. Dessa följd effekter kan i sin tur leda till indirekta effekter som har en negativ påverkan på mycket större områden än de som primärt drabbats av klimatförändringarna. Eftersom de flesta samhällen idag i stor omfattning är beroende av andra delar av världen, så kommer dessa att drabbas om andra samhällen drabbas. Det kan handla om elförsörjning, varuleveranser, arbetstillfällen eller inkomstkällor. De olika sätt på vilka samhället kan påverkas av dessa indirekta följder utmanar samhället i större omfattning än de direkta konsekvenserna av klimatförändringarna (EEA, 2012b, ss.13-15,21).

Genom att anpassa oss till ett förändrat klimat kan skador på naturliga och mänskliga system undvikas och begränsas. Anpassningar är därför av högsta prioritet för att kunna handskas med klimatförändringarna (EEA, 2013, s.12). Anpassningar leder till att städer får en högre resiliens, det vill säga en bättre förmåga att klara av extrema händelser (EEA, 2013, s.18). Anpassningar kan göras via strategier, mål eller åtgärder för att mildra eller helt förebygga effekter av klimatförändringar. I de fall klimatförändringarna för med sig positiva effekter kan anpassningar även syfta till utnyttjandet av dessa (Ekelund, 2007, s.8).

Det finns olika sätt att anpassa samhället till ett förändrat klimat. European Environment Agency, EEA, har valt att dela upp olika

typer av anpassningar i gråa, gröna och mjuka anpassningar. De grå anpassningarna inkluderar ingenjörsmässiga och teknologiska lösningar. Exempel kan vara förstärkning av kustvallar för att hindra översvämningar. Mjuka anpassningar är sådana som inkluderar mänskligt beteende och olika typer av styrelseformer. Exempel kan vara tidiga varningssystem för värmeböljor eller landanvändning och fysisk planering. De gröna anpassningarna använder sig av naturens tjänster, det vill säga ekosystemtjänster (tjänster naturen tillhandahåller som människan kan dra nytta av). Gröna anpassningar kan vara att introducera nya grödor eller trädsorter, eller att låta vattendrag få det utrymme så att de naturligt kan svämma över utan negativa konsekvenser (EEA, 2013, ss.12,14-15,23). Gill et al. slår fast att klimatet redan håller på att förändras och vi behöver anpassa oss till det. De hävdar att en av de mest lovande anpassningsmöjligheterna är kreativt användande av grön infrastruktur (Gill et al., 2007). Mathey et al. skriver att grönytor förespråkas implementeras i anpassningsstrategier i den tyska stadsplaneringen (Mathey et al., 2011).

Det går inte alltid lätt att skilja dessa grupper åt, då många anpassningar innebär en kombination av exempelvis grå och gröna, eller grå och mjuka anpassningar. Gröna och mjuka anpassningar syftar oftast till att minska sårbarheten och öka resiliensen. De grå anpassningarna är i allmänhet betydligt dyrare än de gröna och mjuka eftersom de kräver högteknologiska lösningar som behöver mer forskning, erfarenhet och träning för att kunna implementeras (EEA, 2013, ss.12,14-15,23). Stadsträd kan således passas in under de gröna anpassningarna, men även i viss mån de mjuka anpassningarna genom exempelvis utvecklandet av trädplaner.

Malmö stad har i sin trädplan konstaterat att stadsträden behövs som klimatförbättrare i staden för att avge syre och vattenånga, samla in stoft, bromsa vinden och ta upp dagvatten (Malmö stad, 2005). Enligt Nowak kan stadsträd med sina kronor och sin transpiration påverka lufttemperatur, absorberandet av solinstrålning, vindhastighet, turbulens, relativ luftfuktighet, ytors råhet och albedo (Nowak, 2002). Albedo är en ytas reflektionsförmåga och beskrivs av Nationalencyklopedin som ”den andel av vinkelrätt infallande ljus som återkastas av en yta eller en kropp” (Nationalencyklopedin, 2014). Stadsträd kan förbättra stadsklimatet med sina goda egenskaper och borde också kunna användas i Malmös anpassning till klimatförändringarna.

MÅL OCH SYFTEN

Detta arbete ämnar undersöka på vilka sätt stadsträd kan avhjälpa och mildra de negativa effekter klimatförändringarna förväntas ha på Malmö fram till slutet på detta århundrade. Målet är att därigenom kunna visa på de områden där stadsträd kan användas som ett verktyg i Malmös anpassning till klimatförändringarna och jämföra detta med Malmös pågående klimatanpassningsarbete.

Målgruppen för arbetet är alla de som kan vara med och påverka hur styrande dokument för stadsmiljöer ska utformas. Fallstudien behandlar Malmö stad, men är även relevant för andra svenska kommuner. Arbetet riktar sig till kommuner, landskapsarkitekter, lärare och studenter inom ”gröna utbildningar” m.fl.

I arbetet har följande frågeställningar behandlats:

På vilka sätt kan stadsträd bidra i Malmös anpassning till klimatförändringarna?

Hur ser Malmös gröna klimatanpassningsarbete ut och använder sig Malmö medvetet av stadsträd i detta arbete?

För att förtydliga dessa frågeställningar väntas klimatförändringarna ha övervägande negativa effekter som kommer att påverka Malmö i större eller mindre grad. Huvudfrågan fokuserar på forskning kring ämnet, kopplat till förväntade förändringar av Malmös stadsklimat, medan följdfrågan fokuserar på kommunen Malmö stads pågående arbete. Med stadsträd avses alla träd inom tätorten.

MATERIAL OCH METOD

För att nå målet har en litteraturstudie genomförts, vilken främst inkluderat vetenskapliga artiklar, rapporter och material från Malmö stads hemsida. Vetenskapliga artiklar har huvudsakligen sökts i ScienceDirect. Denna databas visade flest relevanta träffar och de allra flesta publikationerna kunde dessutom nås direkt via databasen. Sökningar har även gjorts i Scopus, men vid visandet av publikationen har en omdirigering till ScienceDirect gjorts, varpå vidare sökningar i ämnet naturligt fortsatt i denna databas. Även Web of Science och JSTOR har använts, samt Google Scholar då denna databas står för ett

brett utbud av vetenskaplig litteratur. Sökmotorn Google har använts i sökandet efter uppdaterade rapporter m.m. om klimatförändringarna, eftersom den senaste forskningen fordras i detta ämne. Denna har varit lättast tillgänglig via elektroniska källor snarare än via tryckta källor. Sökord som har använts i databaserna har varit: climate change, urban trees, adaptation, shade, urban heat island effect, heat waves, heat, heavy rain, air quality, Sweden, ozone, urban, runoff, precipitation, stormwater/storm water management, ecosystem services etc.

Den andra delen av arbetet behandlar Malmös arbete med gröna anpassningar till klimatförändringarna. Till denna del har information framför allt tagits från Malmö stads hemsida.

IPCC presenterade i fjol sin femte stora klimatrappport med en tillhörande sammanfattande rapport. Under rubriken ”framtida globala och regionala klimatförändringar” i den sammanfattande rapporten har kategorin ”atmosfär” valts ut, vilken delas upp i ”temperatur”, ”vattencykel” och ”luftkvalitet” (IPCC, 2013b, ss.17-22). I detta arbete benämns dessa med rubrikerna ”temperatur”, ”nederbörd” och ”luftkvalitet”. Dessa klimatförändringar är de som förmodligen kommer att påverka Malmö stads mikroklimat i störst utsträckning och som stadsträd samtidigt kan ha inverkan på. Havsvattennivåhöjningen har därför valts bort, trots att den är en av de förändringar som kommer att ha störst påverkan på Malmö. Utifrån dessa förväntade klimatförändringar och de effekter dessa väntas ha på Malmö, har fakta och forskning om stadsträd sökts.

Arbetets fokus ligger på den första delen som grundar sig på forskning kring klimatförändringarna och stadsträds egenskaper i relation till

dess. Med den första delen som utgångspunkt har den andra delen som behandlar Malmös gröna anpassningar, med fokus på stadsträd, skrivits. Denna del jämförs i diskussionen med den första för att visa på om Malmö aktivt och medvetet arbetar med stadsträd i sitt gröna anpassningsarbete.

Under stycket om marknära ozon har omvandling av enheter i vissa fall behövts. I Europa är det vanligast att mäta ozon i mg/m³ eller µg/m³, medan det i Nordamerika oftare mäts i ppm (parts per million) eller ppb (parts per billion). För att omvandla antal till vikt gäller för ozon sambandet: 1 ppm = 2 mg/m³ (Urban air quality management toolbook, u.å.).

Avgränsning

Detta arbete syftar till att utreda anpassningar (adaptation) till klimatförändringar, och går därför inte in närmre på begränsningar (mitigation) av klimatpåverkan. Det är dock svårt att helt skilja dessa åt, då en anpassning i förlängningen kan innebära en begränsning av klimatpåverkan, så en absolut avgränsning kan inte göras. Ansatsen är att avgränsa ämnet till stadsträd, och inte gå in närmre på hela grönytors funktion. Arbetet utgår ifrån Malmö med de klimatförändringar som förväntas ha effekter på staden, och kan därför inte ses som direkt tillämplbart på andra städer. Det utgår även ifrån stadsklimatet och går därför inte närmre in på hur klimatet utanför staden påverkas. Detta arbete avgränsas till att undersöka på vilka sätt stadsträd kan användas i Malmös anpassning till ett förändrat klimat. Frågan om det praktiska tillämpandet med aspekter såsom val av arter, placering och utformning för att uppnå bästa effekt, lämnas öppen till andra att söka

svar på. Arbetet fokuserar på de klimatförändringar som kommer att påverka Malmös mikroklimat i störst utsträckning och som stadsträd samtidigt kan ha en inverkan på. Havsvattennivåhöjningen har därför inte tagits med, eftersom stadsträd inte kan sänka havsvattennivån. Denna har endast behandlats i samband med andra faktorer under rubriken "nederbörd". Litteratur om klimatförändringarna uppdateras ständigt och åldras snabbt. Därför är år 2007 satt som en gräns för hur gammal litteratur som direkt berör och beskriver klimatförändringarna får vara.

Klimatet förändras i en rask takt och för med sig ett antal negativa effekter och bara några få positiva för människor runt om i världen. Bland annat kommer större delen av Jordens landtyr att få en ökad medeltemperatur. Detta får effekter på hela samhällen och samhällssystem och innebär att vi måste anpassa oss till kommande förändringar av klimatet. Anpassningar kan göras på flera olika sätt, bland annat genom så kallade ”gröna anpassningar”. Stadsträd har många egenskaper som inverkar positivt på mikroklimatet. Denna fallstudie riktar in sig på Malmös stadsklimat och på vilka sätt stadsträd kan användas i Malmös anpassning till ett förändrat klimat.

STADSTRÄD SOM KLIMATANPASSARE

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, gav i slutet på förra året ut sin femte rapport om den senaste forskningen kring klimatförändringarna, till vilken en sammanfattad rapport finns (IPCC, 2013b). Året innan kom deras specialrapport ut om anpassningar inför extrema klimathändelser och klimatkatastrofer (IPCC, 2012). De flesta andra publikationer inom ämnet refererar till dessa rapporter eftersom de är de mest omfattande och välgrundade som har tagits fram inom klimatforskningen. European Environment Agency, EEA, har givit ut en omfattande rapport om

klimatförändringarna i Europa (EEA, 2012a), samt två om anpassningar till klimatförändringarna i Europa, varav den ena är mer generell och den andra behandlar de urbana anpassningarna (EEA, 2013; EEA, 2012b). Klimat- och sårbarhetsutredningen har på uppdrag av regeringen givit ut en rapport om hur anpassningen ska ske i Sverige (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007). För det pågående klimatarbetet och uppdateringar av klimatförändringarna i Sverige står Klimatanpassningsportalen för, vilken startades på uppdrag av regeringen. Denna är ett samarbete mellan 14 myndigheter och ligger under Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, SMHI (Klimatanpassningsportalen, u.å.). Dessa källor har tillsammans fått utgör grunden för kunskapsinhämtandet om klimatförändringarna och anpassningar därtill, från global ner till nationell nivå. För den lokala nivån har mycket fakta hämtats från Malmö stads hemsida, speciellt till den andra delen om Malmö stads pågående gröna klimatanpassningsarbete. Fakta om stadsträd och vilka effekter de kan ha på mikroklimatet är huvudsakligen baserat på den forskning som finns tillgänglig genom vetenskapliga artiklar.

Den globala medeltemperaturen ökar. Över land ökar temperaturen mer än över vatten och i städer ökar temperaturen ännu mer på grund av UHIE (urban heat island effect) (Hardin & Jensen, 2007; IPCC, 2013b, s.18). Nederbördsmonster ändrar på sig och gör att

vintrarna blir våtare medan somrarna blir torrare. Havsvattennivån stiger, vilket i kombination med ökad nederbördsintensitet för med sig en ökad risk för översvämningar (IPCC, 2013b, ss.2,18-24; Malmö stad, 2008, s.16; Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.12). För vinden är prognosen mer osäker, men modeller tyder på en ökning av både medelvind och högsta byvind (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, ss.13,178-179). Eftersom Malmö är en kuststad och påverkas mycket av vinden, kan denna både föra med sig positiva och negativa effekter, så som att minska UHIE och öka översvämningsrisken när havsvattennivån stiger (Malmö stad, 2008, s.7,16; Mathey et al., 2011). Luftkvaliteten kan också försämrast/ändras på grund av den högre temperatur och ökade nederbörd som klimatförändringarna för med sig (IPCC, 2013b, s.22; Jacob & Winner, 2009).

Genom anpassningar kan resilienta städer skapas. Gröna anpassningar är i allmänhet den billigaste typen (EEA, 2013, s.15). Enligt Bolund & Hunhammar hjälper alla naturliga ekosystem i städer till att reducera UHIE (Bolund & Hunhammar, 1999). Mathey et al. hävdar att resilienta städer kan skapas med hjälp av urbana grönområden (Mathey et al., 2011). Gómez-Baggethun & Barton fastslår att förlust av grön infrastruktur minskar resiliensen och ökar sårbarheten för värmeböljor, översvämningar, jordskred och stormar. Förlust av ekosystem för också med sig ökade kostnader för att tillhandahålla invånarna samma tjänster som ekosystemen gjort, fast genom byggd infrastruktur (Gómez-Baggethun & Barton, 2013). Stadsträd har ett antal fördelar som går att använda i anpassningen till klimatförändringarna.

På ovan nämnda grunder är temperatur, nederbörd och luftkvalitet utvalda som faktorer som i hög grad kan påverka Malmö och dess mikroklimat och som stadsträd samtidigt kan ha en inverkan på.

Temperatur

Globalt kommer temperaturen troligen att stiga med åtminstone 1,5-2°C till slutet av detta århundrade enligt de flesta modeller. Dock är variationen stor, så höjningen kan bli mindre eller större på olika platser. Temperaturen kommer dessutom att stiga mer över land än över vatten (IPCC, 2013b, s.18). I Sverige kommer temperaturen att stiga mer än det globala genomsnittet (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, ss.12,158). Om utsläppen av växthusgaser fortsätter att öka kommer Skåne att år 2100 ha fått en årsmedeltemperatur som är 4,5°C varmare än den som var 1961-1990. Om utsläppen av växthusgaser stabiliseras genom olika strategier kan uppvärmningen begränsas till 2,5°C, detta enligt två av SMHI utvalda klimatmodeller. På vintern visar dessa två modeller på en höjning av medeltemperaturen med 2,5-5°C, medan de för sommaren visar en ökning med 2-4°C (SMHI, u.å. a). Vi kommer således generellt få fler varma dagar och färre kalla. Det kanske inte låter så mycket med 2,5-4,5°C, men jämför det med att den kallaste perioden under den senaste istiden var 5-6°C kallare än vad vi har idag (EEA, 2012a, s.51).

Stadsträd kan reglera den lokala temperaturen genom att skugga och avge vattenånga (Bolund & Hunhammar, 1999). Vatten avges via löven eller barren genom att energi tas från luftens värme i en process som kallas transpiration. Denna process är särskilt effektiv när luftfuktigheten är låg, vilket den ofta är i städer (Hardin & Jensen, 2007; De Blij et al., 2013, s.134). Ett enda stort träd kan under en dag släppa ut 450 liter vatten till luften, vilket kräver 1000 MJ värmeenergi. Genom att ta denna energi från luften sänker stadsträd under sommaren temperaturen i staden markant (Hough, 1989 se Bolund & Hunhammar, 1999). Hardin & Jensen kom fram till att stadsträdens

Temperatur

Vi kommer att få en högre medeltemperatur både globalt och lokalt. I Malmö, liksom andra städer, kommer temperaturen att höjas ytterligare på grund av UHIE. I och med klimatförändringarna kommer vi också att uppleva fler och längre värmeböljor. Eftersom ökade temperaturer bland annat leder till ökad dödlighet behöver Malmö anpassa sig till de förväntade klimatförändringarna.



lövarea påverkar stadstemperaturen. Om lövarean ökar så minskar temperaturen och vice versa (Hardin & Jensen, 2007). Större träd sänker således temperaturen mer. Även i jämförelse med vattenytor kan stadsträd sänka temperaturen mer tack vare att lövarean kan vara fyra gånger så stor som den markarea kronan täcker (De Blij et al., 2013, s.134).

Urban heat island effect

UHIE (urban heat island effect) är den förhöjda temperatur som kan upplevas inne i en stad. Denna temperaturskillnad kan enligt Hardin & Jensen vara 5-8°C eller enligt Oke så mycket som 10°C eller mer i jämförelse med den temperatur som råder utanför staden och kan vara betydande även i mindre städer (Oke, 1982, Steeneveld et al., 2011 se EEA, 2012b, s.21; Hardin & Jensen, 2007). Stadsträd kan begränsa den temperaturhöjning som sker i städer. Enligt Souch & Souch är temperaturen 1,5m över marken på en öppen plats 0,7-1,3°C varmare än temperaturen under ett träd/en liten grupp av träd med gräs under (Souch & Souch, 1993 se Nowak, 2002).

Enligt Bolund & Hunhammar hjälper alla naturliga ekosystem i urbana miljöer till att reducera UHIE (Bolund & Hunhammar, 1999). Hardin & Jensen säger i sin artikel att en orsak till UHIE är att grönytor byts ut mot ogenomsläppliga material (Hardin & Jensen, 2007). Hur stark UHIE är kan variera bland annat beroende på meteorologiska faktorer, andel vegetation och vattenområden i staden, hur tätbebyggd och tätbefolkad den är, andel ogenomtränglig yta för dagvatten, hur vinden kan flöda, lite eller mycket skuggning och värmeproduktion på grund av industri, transport och otillräcklig byggnadsisolering. De varmaste delarna av staden brukar vara de med många höga byggnader och

avsaknad av vegetation, där det samtidigt produceras mycket värme på grund av mänskliga aktiviteter (EEA, 2012b, s.21). Den främsta orsaken till att UHIE uppkommer är på grund av förekomsten av stora värmeabsorberande ytor i kombination med utsläpp av växthusgaser från uppvärmning och trafik (Bolund & Hunhammar, 1999; Moreno García, 1994 se Gómez-Baggethun & Barton, 2013).

Inkommande solstrålning reflekteras i större eller mindre grad när den träffar en yta beroende på ytans beskaffenhet. Mörka ytor reflekterar en mindre andel av det inkommande solljuset än vad ljusa ytor gör och absorberar därför mer värme (Akbari et al., 2001). Ytor med ett högt albedo och stadsträd kan tillsammans motverka UHIE och till och med omvända förhållandet, så att staden blir svalare än omgivningen (Akbari et al., 2001; Taha, 1997).

Genom att skugga byggnader under sommaren och reducera vindhastigheten under vintern kan vegetation i städer väsentligt sänka energiförbrukningen för värme och luftkonditionering (Bolund & Hunhammar, 1999; Donovan & Butry, 2009). Detta innebär inte bara att UHIE lindras, utan även minskade utsläpp av växthusgaser och därigenom samtidigt en begränsad klimatpåverkan. Trädens placering är i detta avseende av vikt, då en felaktig placering under vissa omständigheter kan få motsatt effekt (Donovan & Butry, 2009; Nowak, 2002). Detta kan vara när solinstrålningen under sommaren når och värmer marken, men luften hindras från att cirkulera lika mycket när trädets krona stoppar upp den och trädet samtidigt står för långt bort från byggnaden (Nowak, 2002). Det beror också på vilken sida av byggnaden trädet står. Står trädet på den västra eller södra sidan av byggnaden är effekten störst, men står den på den norra sidan kan



Träd nära fasaden kan minska energiförbrukningen.

energiförbrukningen under sommaren istället öka (Donovan & Butry, 2009). För att få ut bästa möjliga effekt från stadsträden bör de, förutom att vara rätt placerade, dessutom vara välmående (Nowak, 2002).

Prognoserna för huruvida vi i Sverige kommer att få fler och kraftigare vindar och stormar är osäkra. En del tyder dock på att både medelvinden och högsta byvind kommer att öka (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, ss.13,178-179). Detta kan föra med sig positiva effekter för stadens temperatur genom att blåsten kan hjälpa till att sänka UHIE (Mathey et al., 2011), under förutsättning att stadens träd är rätt placerade.

Utmärkande för UHIE är också de varma nätter som uppkommer i städer när all den energi som under dagen har lagrats i byggnader och markbeläggningar under natten frigörs. Denna effekt är högst märkbar när vegetationsytor byts ut mot ytor av betong, asfalt och sten. Den kylande effekten av vegetationsytor märks väl vid en sådan jämförelse (EEA, 2012b, s.21). Inte heller bar jord är bra eftersom vattentransporten underifrån är så långsam att den enligt Lambin & Ehrlich går att jämföra denna med asfalt och betong. Växtrötter har förmågan att ta upp vatten betydligt snabbare och från större djup vilket gör att större kvantiteter av vatten kan flyttas från marken till luften och därmed sänka temperaturen mer (Lambin & Ehrlich, 1996, s.465 se Hardin & Jensen, 2007).

Fysiska anpassningar, det vill säga grå och gröna anpassningar, till högre temperaturer i staden kan vara luftkonditionering och bättre isolering av byggnader och bevarande och skapande av nya gröna och blå områden (grön- och vattenområden) i städer för att reducera UHIE (EEA, 2012b, s.31). Paradoxalt nog kan anpassningar så som luftkonditionering inne förvärra UHIE och höja temperaturen ute

(Feyisa et al., 2014). Träd har fördelen att kunna sänka temperaturen omkring sig, utan att höja den på något annat ställe. Enligt Hardin & Jensen har många städer vidtagit strategier för att minska UHIE. Dessa strategier har bland annat inneburit att plantera fler träd (Hardin & Jensen, 2007).

Värmeböljor & Extrema temperaturer

Värmeböljor kommer framförallt i södra Sverige att bli vanligare och mer långvariga. Där kan antalet dagar som temperaturen stiger över 20°C enligt en modell tredubblas, enligt en annan öka ännu mer och enligt en tredje åtminstone öka till det dubbla (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, ss.165-167). Sverige kommer att få fler

dagar med extrem värme, och antalet tropiska nätter (då temperaturen inte går under 20°C) kommer att öka kraftigt. Samtidigt kommer vi att få färre riktigt kalla dagar. (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.24). Enligt klimat- och sårbarhetsutredningens tolkning av klimatmodellerna kan södra Sveriges kuster få en ökning av antalet tropiska nätter med uppemot 40 nätter per år. Detta kan jämföras med att dessa bara brukar inträffa några få gånger per sommar under varma somrar (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, ss.165-167).

Den typ av naturkatastrofer som har skördat flest liv i Europa under de senaste decennierna är värmeböljor. Det finns ingen exakt definiering på värmebölja, och uppfattningen skiljer sig från land till land. En



Människor i staden söker sig under varma sommardagar gärna till platser som skuggas av stadsträd.

värmebölja är i allmänhet en förlängd period av ovanligt varmt väder i förhållande till den temperatur som brukar råda på platsen (EEA, 2012b, s.18). Enligt Hardin & Jensen kan vegetation i staden buffra påverkan av värmeböljor och ge kylande effekter (Hardin & Jensen, 2007).

UHIE gör även så att effekten av värmeböljor kraftigt förvärras. Den värmebölja som drabbade Europa sommaren 2003 beräknas ha fört med sig 70 000 dödsfall, främst i städer (EEA, 2012b, ss.18-19, 21). De som ligger i riskzonen är framförallt äldre och sjuka personer (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.24). Gómez-Baggethun & Barton drar slutsatsen att förlust av grön infrastruktur negativt påverkar städernas förmåga att klara av värmeböljor (Gómez-Baggethun & Barton, 2013). Extra utsatta för en hög mortalitet är de städer som inte brukar drabbas av värmeböljor och där temperaturen kraftigt överstiger den normala (EEA, 2012b, s.19). Genom att öka stadens trädkröntäckning kan UHIE minskas tack vare stadsträdens uppfångande av solinstrålning och deras transpiration (Feyisa et al., 2014; Hardin & Jensen, 2007). Därigenom kan också påspädning av värmeböljor minskas.

Både värmeböljor och extrem värme leder till en ökad dödlighet. Dödligheten är inte bara beroende av temperaturen, utan även befolkningens anpassning till denna. Den optimala temperaturen för att undvika dödsfall i Stockholm är 11-12°C, medan den i Aten är 25°C (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.24). Detta säger oss att även om temperaturen i Malmö inte är lika hög som i södra Europa kan den vara lika förödande. Det är till och med så att värmeböljor är bedömt att vara ett av de största hoten mot folkhälsan som klimatförändringarna för med sig i Sverige. Vid en undersökning konstaterades att redan vid

en temperatur på 22-23°C två dagar i följd, så steg dödssiffran markant (EEA, 2012b, s.19).

Stadstemperaturen påverkas kraftigt av stadsvegetationens antal, typ och kondition. En ökad mängd vegetation och en ökad hälsa på denna sänker stadstemperaturen och särskilt effektiva för detta ändamål är träd (Hardin & Jensen, 2007). Urbana skogar bidrar till att minska sårbarheten för utsatta grupper under värmeböljor (Depietri et al., 2013), vilket tydliggör betydelsen av skuggande stadsträd under varma sommardagar.

Nederbörd

Normalvärdet för nederbörd (1961-1990) i Malmö är 602mm/år (SMHI, 2009-09-23). Under de senaste 12 åren (2002-2013) har årsnederbörden i snitt legat på 652mm/år (SMHI, u.å. b), vilket är en ökning av normalnederbörden med 8%. Årsnederbörden för Skåne väntas fram till slutet på detta århundrade öka med 15-20% och vinternederbörden väntas öka med så mycket som 20-40% (SMHI, u.å. a). Under sommaren väntas nederbörden i södra Sverige istället att minska (Klimatanpassningsportalen, 2013-11-14; Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.12). Antalet dagar med kraftig nederbörd kommer att öka under höst, vinter och vår. Även fast somrarna beräknas bli torrare kommer skyfallen att öka i intensitet. Dessa kan orsaka översvämningar av dagvatten- och avloppssystem, vilket kan leda till källaröversvämningar och utsläpp av avloppsvatten. Detta är redan idag ett stort problem i Sverige och kommer att bli ett ännu större problem i framtiden (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.13).

Nederbörd

Nederbörden kommer i Skåne att öka under vintern, men minska under sommaren. Dock kommer intensiteten på regnfallen att öka och därmed påfresta dagvattensystemen mer, vilket ökar risken för översvämningar. Malmö behöver anpassa staden till ökade nederbörds-mängder under kortare regnepisoder för att undvika översvämningar.





Intensiva regnfall kommer att bli allt vanligare.

Översvämningar

Gómez-Baggethun & Barton hävdar att förlust av grön infrastruktur i staden ökar risken och sårbarheten att drabbas av översvämningar (Gómez-Baggethun & Barton, 2013). Detta beror på att när fler grönytor omvandlas till hårdgjorda ökar både vattenavrinningen och toppflödet, och därmed ökar också trycket på dagvattensystemet

(Asadian & Weiler, 2009; Haughton & Hunter, 1994, se Bolund & Hunhammar, 1999; Sanders, 1986). Malmö hade 2005 45% hårdgjord yta i staden, vilket är betydligt mer än exempelvis Stockholm och Göteborg, som vardera hade 26% och 30% (SCB, 2010). Denna ytandel hänger dock samman med terrängen på de olika orterna. Stockholm har en stor andel vattenytor och vegetation (Bolund & Hunhammar, 1999) som gör att staden har fördelar i dagvattenhanteringen gentemot



Hårdgjorda ytor ger en högre dagvattenavrinning.

andra städer. På grund av sin stadsbild behöver Malmö alltså arbeta extra mycket med system för dagvattenhantering. Även en ökad blåst i kombination med en höjd havsvattennivå kan göra att vågor slår upp högre och oftare, och översvämningsrisken ökar därmed (Malmö stad, 2008, ss.7,16; Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, ss.13,178-179).



Det mesta av vattnet i "vegetationslösa städer" rinner ner i dagvattenbrunnar.

Grundvattennivån

En stor andel hårdgjorda ytor innebär inte bara dagvattensystemet utsätts för påfrestningar, utan även att grundvattennivåerna i många städer sjunker (Bolund & Hunhammar, 1999). Enligt Bernatzky rinner 60% av regnvattnet i "vegetationslösa städer" ner i dagvattenbrunnar och leds iväg, medan endast 5-15% rinner iväg i vegeterade områden (Bernatzky, 1983, se Bolund & Hunhammar, 1999). I kustnära städer riskerar en höjd havsvattennivå i kombination med en låg grundvattennivå att medföra saltvatteninträngningar (Chang et al., 2011). Grönområden kan avhjälpa dessa problem genom att regnvatten kan tränga ner genom jorden (Bolund & Hunhammar, 1999; Sjöman & Gill, 2014). Å andra sidan kan städernas ofta kompakterade jordar med onaturliga fyllnadsmassor m.m. ibland föra med sig mer ytliga grundvattennivåer (Craul, 1999 se Sjöman & Gill, 2014). Är så fallet kan stadsträd bidra till att förbättra jordens genomsläpplighet genom framträngandet av rötter, och detta även på kompakterade jordar (Bartens et al., 2008). Dock kan kompakterade jordar vara en begränsande faktor för trädens tillväxt och vitalitet (Roloff et al., 2009). Stående vatten i kompakterade jordar kan också vara ett problem för träden, men det finns vissa arter som klarar detta bättre än andra (Bartens et al., 2008).

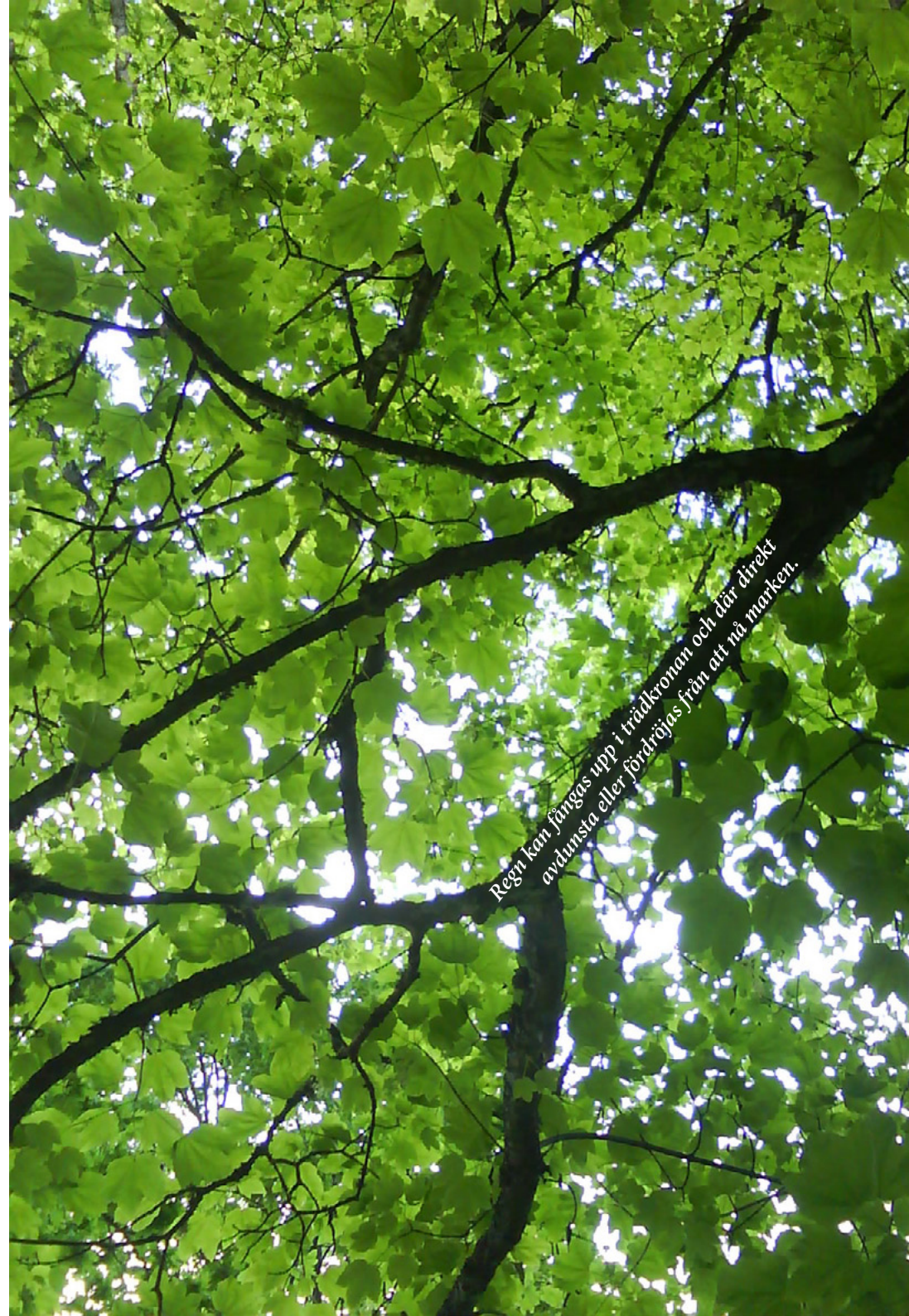
Fördröjning av toppflöden, avrinning och genomsläpplighet

Stadsträd kan reducera dagvattenavrinningen och toppflödena. Genom att kronorna fångar upp regnvatten kan en del av detta direkt avdunsta från bladen och en del fördröjas innan det droppar ner på marken. Avdunstningen reducerar avrinningen och fördröjningen reducerar toppflödena (Asadian & Weiler, 2009; Sanders, 1986). Enligt ett antal författare som Asadian & Weiler hänvisar till har trädkronans uppfångande av regn den största positiva effekten på

dagvattenhanteringen. Uppfångandet beror på meteorologiska faktorer, art, storlek, hälsa, planteringstäthet och trädkronans form (Asadian & Weiler, 2009; Armson et al., 2013).

I en studie gjord av Kirnbauer et al. undersöktes de fördelar plantering av träd på obrukad stadsmark hade på dagvattenhanteringen. Där uppmättes att mellan 6,5-27% av det vatten som föll på trädkronorna fångades upp och avdunstade från dessa. Av den totala mängden regn som föll inom området avdunstade mellan 2,7-6,2 % direkt från de fyra trädarterna som undersöktes. Eftersom undersökningen riktade sig mot tillfälligt brukande av outnyttjad mark var det yngre träd som studerades. Som författarna tydligt påpekar skulle fullvuxna träd ge ett betydligt högre värde, eftersom större lövarea ger större avdunstning (Kirnbauer et al., 2013). Ett stort träd kan ha hela fyra gånger större lövarea än markytan det upptar, vilket gör att mycket vatten kan avdunsta från bladen (De Blij et al., 2013, s.134).

Sjöman & Gill kom i sin studie fram till att en kombination av vegetation och genomsläppliga markmaterial med underjordiska infiltrationsbäddar effektivt minskar dagvattenavrinningen. Denna kombination var särskilt effektiv på leriga jordar, så som de som undersöktes i Lomma. På sandigare jordar var stadsträd särskilt effektiva för att minimera vattenavrinningen när bebyggelsestätheten var hög. I ett sådant område kunde vattenavrinningen minskas med 5% vid ett regnfall på 4mm, när stadsträdens täckning ökades med 10%. Vid kraftigare regnfall kunde träden inte reducera vattenavrinningen alls, med undantag för ett fall i ett glesare bostadsområde. Ändå var det stadsträd som i alla undersökta områden genererade minst ytavrinning. De var betydligt bättre än exempelvis sedumtak som bara i ett fall hade



Regn kan fångas upp i trädkronan och där direkt avdunsta eller fördröjas från att nå marken.

bättre värden i att minska vattenavrinningen än vad stadsträd hade. Sjöman & Gill summerar det hela med att en kombination av flera olika metoder ger den bästa effekten (Sjöman & Gill, 2014).

Asadian & Weiler fokuserade sin forskningsartikel på trädkronornas uppfångande av regnvatten, vilket också Kirnbauer et al. gjorde. Armson et al. studerade istället helhetsbilden av ett stadsträd med tillhörande trädgrop. De kom fram till att trädgropen har en stor inverkan på vattenavrinningen och därför inte är att förakta. Vattenavrinningen från asfalt uppmättes till 53% under sommaren och 62% under vintern, vilket de påpekar är mycket lägre än de 80-90% som många andra har kommit fram till. För en 9m² stor yta täckt av asfalt med en 1m² stor trädgrop i mitten med ett träd planterat i, var vattenavrinningen bara 20% under sommaren och 26% under vintern (Armson et al., 2013). Ser man på studier såsom den av Kirnbauer et al., kan under liknande förhållanden vad gäller trädstorlek och krontäckning, kronan fånga upp och avdunsta mellan 2,7-6,2% av det regn som faller på ytan (Kirnbauer et al., 2013). Sådana här jämförelser visar enligt Armson et al. tydligt på att trädgropen har stor effekt på vattenavrinningen (Armson et al., 2013). Vid undersökningar på större träd (29-39m höga) visar resultaten en avsevärt större betydelse av kronans uppfångande av regnvatten, både för direkt avdunstning och fördröjning. Beroende på ett antal faktorer så som regnintensitet, vind, art etc. så kunde träden fånga upp mellan 5-98% av regnvattnet. I snitt släppte de två arterna igenom 50,1% och 46,2% av regnvattnet (Asadian & Weiler, 2009). Dessa studier visar på ett antal faktorer som påverkar trädkronors uppfångande av regnvatten, men att det framför allt är trädets storlek som spelar roll.

Tack vare att stadsträd på dessa sätt kan minska trycket på dagvatten-system kan kostnader för det traditionella slutna dagvattensystemet reduceras. Värdet på stadsträden kan i detta avseende beräknas utifrån de kostnader som undviks för hanteringen av dagvattnet (Asadian & Weiler, 2009).

Luftkvalitet

Luftföroreningar orsakas av höga utsläpp och ogynnsamt väder. Marknära ozon och luftburna partiklar påverkas bland annat av temperatur, vind och nederbörd. Eftersom väder påverkar stadsluftens föroreningsgrad betyder det också att denna påverkas av klimatförändringar. De luftföroreningar som påverkas av klimatförändringarna och samtidigt utgör det största hotet för människors hälsa är marknära ozon och luftburna partiklar (Jacob & Winner, 2009; Miljömål, 2012-03-26). Det är också dessa två luftföroreningar som lyfts fram i IPCC's sammanfattande klimatrappport, samt EEA's rapport om urban anpassning (EEA, 2012b, s.30; IPCC, 2013b, s.22). Sveriges riksdag har satt upp 16 miljö kvalitetsmål, varav ett är Frisk luft. Där står att "luften ska vara så ren att människors hälsa, samt djur, växter och kulturvärden inte skadas" (Miljömål, 2012-03-26).

Stadsträd bidrar till att förbättra luftkvaliteten på ett antal olika sätt. De reducerar temperaturen, renar luften från föroreningar och påverkar byggnaders energianvändning genom skuggning och därigenom lägre utsläpp av föroreningar (Nowak, 2002). Enligt Bernatzky kan så mycket som 85% av luftföroreningarna i en park filtreras bort, och längs en gata med stadsträd upp till 70% (Bernatzky, 1983 se Bolund & Hunhammar, 1999).

Luftkvalitet

Klimatförändringarna kan på grund av en förhöjd temperatur, förändrad nederbörd m.m. påverka förekomsten av vissa luftföroreningar. För Malmös del tyder forskning på att förekomsten av marknära ozon och partiklar kan öka i och med det förändrade klimatet. Förutom att begränsa den primära källan till luftföroreningarna – trafiken – kan också anpassningar av staden göras för att ta hand om ökade halter av luftföroreningar som uppkommer på grund av klimatförändringarna.



Marknära ozon mäts i Nordamerika oftare i ppm eller ppb, medan det i Europa oftare mäts i mg/m^3 eller $\mu\text{g}/\text{m}^3$, varför den senare enheten har använts i detta arbete. Som förklarats i metoden motsvarar 1ppm 2 mg/m^3 (Urban air quality management toolbox, u.å.).

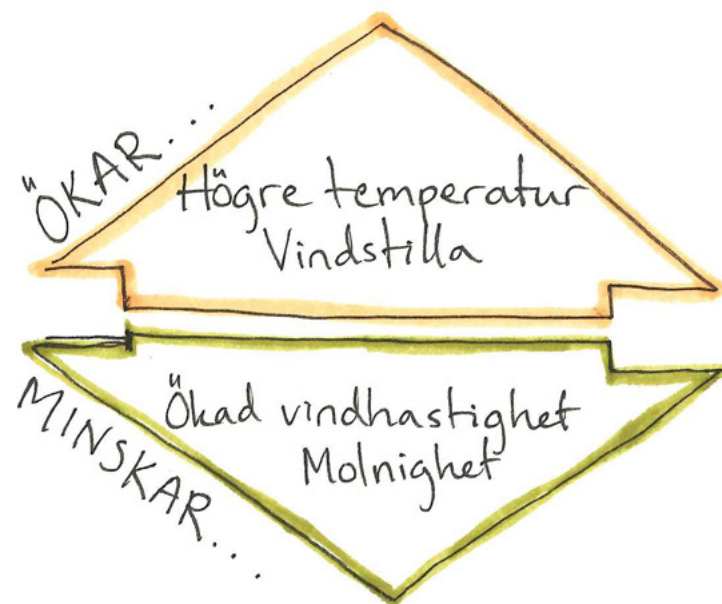
Marknära ozon

I Sverige finns marknära ozon med i miljö kvalitetsmålen för frisk luft. Här är målet att inte överstiga $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ luft i medelvärde under en åttatimmarsperiod och $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ luft i medelvärde under en timme (Naturvårdsverket, 2013-02-07).

Förhållandet mellan marknära ozon och temperatur i förorenade områden visar att klimatförändringarna har en negativ effekt på luftkvaliteten. Studier visar på att marknära ozon i förorenade områden kommer att stiga 1-10 ppb ($2\text{--}20\mu\text{g}/\text{m}^3$ luft) under sommaren. Detta är ett genomsnittligt värde för flera globala, amerikanska och europeiska studier (Jacob & Winner, 2009).

Marknära ozon påverkar människors, djurs och växters hälsa negativt. Irritation i luftvägarna kan uppkomma och astmatiker kan få andningsproblem. Långvarig exponering för ozon kan dessutom orsaka astma. En ökad dödlighet har också noterats, samt möjlig påverkan på graviditeter. Även växter kan påverkas genom att ozonet ger synliga skador på bladen eller att bladen faller tidigare (Miljömål, 2014-03-26a).

Bildandet av ozon beror på ett antal olika faktorer och hänger bland annat samman med hur förändringen i nederbörd kommer att se sig (Langner et al., 2005). Under sommaren kan det med vinden följa med höga halter av ozon och ozonbildande ämnen från södra Europa



... halterna av marknära ozon.

och ozonhalterna kan under några dagar fördubblas eller tredubblas (Naturvårdsverket, 2014-01-10). Därför finns inom EU ett omfattande arbete för att begränsa denna transport (Naturvårdsverket, 2012-09-20).

Prognosen för norra Europa är enligt de modeller använda av Langner et al. att halterna av marknära ozon kommer att sjunka (Langner et al., 2005). Detta beror på ökade nederbördsmängder som för med sig en ökad molnighet och minskad solinstrålning, samt en minskad global cirkulation som för med sig mindre ozon och ozonbildande ämnen från södra Europa (Jacob & Winner, 2009; Langner et al., 2005). Dock sker en ökning av ozonhalterna över södra och centrala Europa, och denna sträcker sig även en bit in över norra Europa (Langner et al., 2005). Det kan vara relevant att anta att Malmö kan drabbas av ökade halter ozon istället för minskade eftersom somrarna i Skåne beräknas bli torrare till skillnad från resten av landet där de beräknas bli blötare (Klimatanpassningsportalen, 2013-11-14; Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.12).

Ozon kan bildas av kväveoxider som finns i bilars avgaser, men kväveoxider kan också bidra till att bryta ned ozon (Miljömål, 2012-03-26; Naturvårdsverket, 2014-01-10), vilket säger en del om luftföroreningars komplexitet. Även växter släpper ut molekyler, så kallade flyktiga organiska föreningar (på engelska volatile organic compounds, VOC), som både kan höja och sänka halten av marknära ozon beroende på rådande omständigheter (Nowak, 2002). Förenklat bildas marknära ozon genom kemiska reaktioner där VOCs och kväveoxider ingår, och i närvaro av solljus (Miljömål, 2014-03-26a).

VOC, och därmed marknära ozon, är beroende av temperaturen, vilket innebär att stadsträd kan sänka temperaturen så att bildandet av VOC och ozon minskar (Nowak, 2002). Detta är till nackdel för städer, som på grund av UHIE oftast håller en högre temperatur än omgivningen (Hardin & Jensen, 2007).

Jacob & Winner har identifierat ökad temperatur och regional stagnation som de meteorologiska faktorer som främjar förekomsten av marknära ozon mest, men även vindhastighet och molntäckning spelar roll (Jacob & Winner, 2009). Stadsträd kan genom sin transpiration bidra till en ökad luftfuktighet (Hardin & Jensen, 2007), vilken bryter ner ozon genom en kemisk reaktion. Dock påverkas denna reaktion av utsläpp och luftfuktighet ger därför ringa effekter på ozon i städer. Det är därför viktigt att utsläppen begränsas och strategier för detta skapas (Jacob & Winner, 2009). Även om stadsträd inte har så stor inverkan på det befintliga ozonet kan de sänka temperaturen och därigenom minska bildandet av ozon (Jacob & Winner, 2009; Nowak, 2002). Enligt Nowak & Crane kan dock skogsområden i städer ha stor effekt på halterna av marknära ozon, då minskningar av med 15% uppmätts efter bara en timme (Nowak & Crane, 2000 se Nowak, 2002).

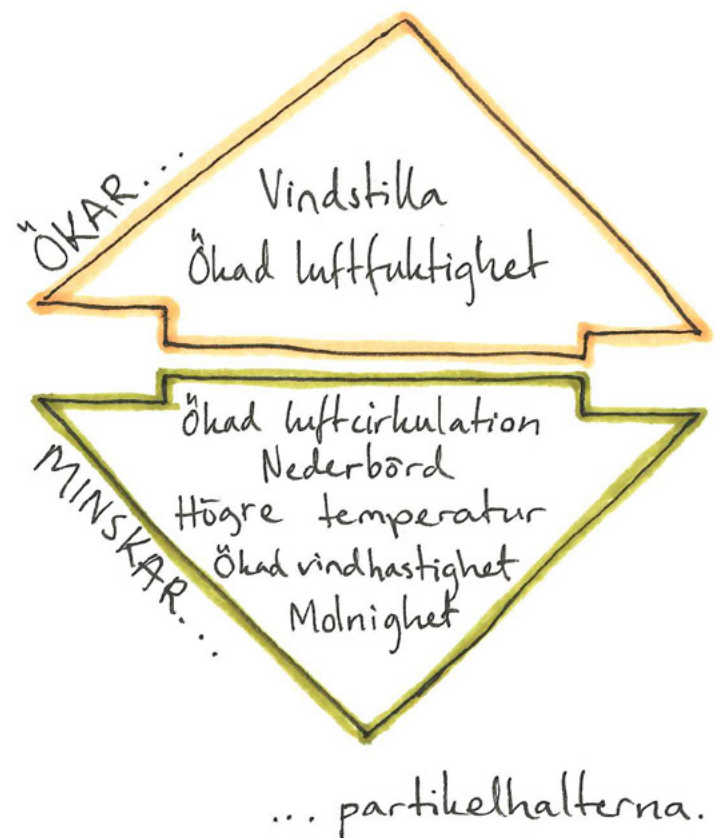
Prognosen om en blåsigare framtid är i detta avseende positiv, då vind minskar koncentrationen av ozonet. Stadsträd kan också vid rätt placering öka luftcirkulationen, vilket ytterligare minskar koncentrationen av marknära ozon (Mathey et al., 2011; Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.13). En notering bör göras att även fast stadsträd kan sänka förekomsten av marknära ozon, kan de själva ta skada av höga ozonhalter (Malmö stad, u.å. i).

Partiklar

Partiklar är ett samlingsbegrepp för flera olika ämnen med den gemensamma nämnaren att de är under $10\mu\text{m}$ breda (PM_{10}). Dessa större partiklar benämns ofta grova partiklar och särskiljs från de partiklar som är $2,5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) och mindre. $\text{PM}_{2,5}$ har störst negativ inverkan på hälsan, men inte heller PM_{10} kan sägas vara nyttiga. Utsläppen av partiklar kommer främst från trafiken, men förekomsten påverkas av meteorologiska faktorer, vilket också gör att klimatförändringarna kommer att påverka partikelhalten (Jacob & Winner, 2009; Miljömål, 2014-03-26b). Enligt författare som Jacob & Winner refererar till, kommer halten av $\text{PM}_{2,5}$ att öka i östra USA på grund av mindre nederbörd (Jacob & Winner, 2009). Dessa prognoser kan förmodas även gälla för Malmö sommartid, då nederbördsmängden troligen minskar, medan den ökade nederbörden under vintern istället skulle sänka partikelhalten.

Enligt miljö kvalitetsmålet "Frisk luft" ska partikelhalterna för $\text{PM}_{2,5}$ inte överstiga $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ luft som ett årsmedelvärde, och $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ luft som ett dygnsmedelvärde. Målen för PM_{10} är att halten inte ska överstiga $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ luft som ett årsmedelvärde, och $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ luft som ett dygnsmedelvärde. Dessa nivåer är satta som lågrisknivåer för cancer och som riktvärden för skydd mot sjukdomar, påverkan på djur, växter och material (Naturvårdsverket, 2013-02-07).

I svenska tätorter är partiklar den luftförorening som tros innebära störst påverkan på folkhälsan. Partiklar kan försämra lungfunktionen och påverka lungornas utveckling, samt ge upphov till hjärt- och kärlsjukdomar. Mellan 3000-5000 förtida dödsfall sker enligt studier i Sverige varje år på grund av partiklar. Räknas detta in i den svenska



medellivslängden förkortas denna med 6-12 månader (Institutet för miljömedicin, 2014-02-03; Miljömål, 2014-03-26b; Miljömål, 2014-03-26d). En studie av Tallis et al. utgår från London där den nationella institutionen för hälsa har uppskattat att 1,9% av dödsfallen i staden orsakats av PM₁₀ (Tallis et al., 2011).

Partikelförekomsten påverkas framförallt av nederbörd. Även stadens luftcirkulation spelar stor roll, medan temperatur, vindhastighet, luftfuktighet och molntäckning inverkar i mindre grad (Jacob & Winner, 2009). Stadsträd har också inverkan på förekomsten av partiklar genom att löven eller barren filtrerar luften och samlar upp partiklar. Träden fungerar som en depå för partiklar till dess att de faller till marken genom att löv och kvistar fälls eller att regnvatten tar med sig föroreningarna från bladen till marken. I skogsområden i städer har det uppmätts att träden bara en timme efter utsläppen hade tagit upp 13% av partiklarna (Nowak & Crane, 2000 se Nowak, 2002). Tallis et al. hävdar att trädplanteringar, och speciellt stadsträd längs gator, har störst påverkan på PM₁₀ och också de största fördelarna för stadens framtida luftkvalitet. Barrträd är den typ av träd som mest effektivt renar luften i PM₁₀-förorenade områden. Vegetation är bättre än andra strukturer på att fånga upp partiklar, och tack vare sin storlek är träd de som är mest effektiva (Tallis et al., 2011). Träd med en stamdiameter större än 77 cm kan ta upp 70 gånger mer luftföroreningar från luften än ett litet träd med stamdiametern 8 cm (Nowak, 2002), vilket visar på värdet av stora och gamla träd.

Sammanfattning

Malmö står inför ett antal utmaningar i och med de effekter som klimatförändringarna för med sig. För att undvika skador på samhället behöver Malmö anpassa sig till de förväntade klimatförändringarna (EEA, 2013, s.12). Fokus i detta arbete har legat på dessa klimatförändringar och effekter:

- Ökad temperatur. För med sig en ökning av extrema temperaturer, UHIE och värmeböljor (EEA, 2012b, s.21; Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.12,158).
- Förändrad nederbörd. Blötare på vintern och torrare på sommaren. Intensivare regn (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.12-13).
- Påverkad luftkvalitet. Marknära ozon och partikelhalterna påverkas när klimatet förändras (EEA, 2012b, s.30; IPCC, 2013b, s.22; Jacob & Winner, 2009).

Stadsträd har ett antal olika fördelaktiga egenskaper som kan användas i klimatanpassningsarbetet. Dessa kan i många fall även verka begränsande på klimatförändringarna och därigenom få dubbel verkan (Zimmerman & Faris, 2011). För att stadsträden ska ha de önskvärda effekterna är det viktigt att beakta ett antal aspekter. Viktigt för trädets funktion är valet av art. Placering, tillräckligt med jordutrymme och för arten rätt jordtyp är också av stor vikt. Trädets vitalitet påverkar dess förmågor och det är därför av betydelse att trädet drivits upp på ett bra sätt i plantskolan. Uppfylls dessa kriterier har en god grund lagts för att trädet ska kunna bidra fullt ut med sina egenskaper (Rolloff

et al., 2009). Förutom aspekterna på individnivå är antal träd, form och storlek på grönområden m.m. faktorer som påverkar stadsträdens effektivitet (Feyisa et al., 2014).

Sammanfattningsvis så kan stadsträd bidra med följande för att förbättra mikroklimatet och anpassa Malmö till ett förändrat klimat:

- Genom att ta upp vatten från marken och avdunsta det via bladen (transpiration) sänka temperaturen i staden och därmed minska påverkan av UHIE och värmeböljor, samt minska de extrema temperaturerna (Bolund & Hunhammar, 1999; Feyisa et al., 2014; Hardin & Jensen, 2007).
- Genom skuggning minska UHIE och även minska byggnaders energibehov för luftkonditionering, vilket leder till minskade utsläpp och ytterligare minskad UHIE (Bolund & Hunhammar, 1999; Donovan & Butry, 2009).
- Ta upp och fördröja regnvatten i kronan och därigenom minska på flödena och toppflödena (Asadian & Weiler, 2009; Kirnbauer et al., 2013; Sanders, 1986).
- Dagvatten kan rinna ner i trädgropen och därigenom minska trycket på dagvattensystemet (Armson et al., 2013; Asadian & Weiler, 2009).
- Filtrera föroreningar, så som marknära ozon och partiklar, från luften (Nowak & Crane, 2000 se Nowak, 2002).
- Med rätt placering öka luftcirkulationen och därigenom späda ut halterna av de skadliga luftföroreningarna marknära ozon och partiklar. (Jacob & Winner, 2009; Nowak, 2002).

MALMÖS GRÖNA KLIMATANPASSNINGSGÄRDER

Malmö bedriver ett aktivt arbete för att anpassa sig till klimatförändringarna. En del av det som görs är anpassningar till redan befintliga problem så som dagvattenhanteringen i Augustenborg. Där var det stora problem med återkommande översvämningar. Genom att skapa en öppen och lokal dagvattenhantering har nu dessa problem lösts helt (Malmö stad, u.å. e; Villarreal et al., 2004). Anpassningar innebär att arbeta i förebyggande syfte, vilket exempelvis görs i och med den handlingsplan Malmö har tagit fram för sin klimatanpassning. Denna typ av verktyg är de som EEA benämner ”mjuka”, det vill säga styrande dokument m.m. (EEA, 2013, ss.12,15). Gröna anpassningar som Malmö har gjort är till exempel införandet av fler gröna tak och väggar för att sänka temperaturen (Malmö stad, u.å. e). Dessa anpassningar är inte ett direkt svar på behov i dagsläget, utan just en anpassning till kommande behov.

Klimatanpassning i Malmös styrande dokument

I sin Handlingsplan för Klimatanpassning anger Malmö att anpassningsarbetet är lika viktigt som arbetet med att minska utsläppen. De konstaterar att samhällets sårbarhet beror på hur snabbt klimatet förändras och hur förberedda vi är på förändringarna. De sammanfattar också väldigt bra detta arbetes tre huvudrubriker värme, nederbörd och luftkvalitet i dessa meningar från handlingsplanen:

”En bättre strategi för grön- och blåstrukturer och en tydligare integration mellan bebyggelsen och dess omland innebär att träd, grönområden, fördröjningsdammar och vattendrag både kan förbättra luftkvaliteten och motverka urbana värmeö-effekter. Samtidigt förbättras hanteringen av ökande vattenmängder.”

(Malmö stad, u.å. e)

För att nå sitt mål att bli världsbäst på hållbar stadsutveckling, har Malmö satt upp ett miljöprogram för 2009-2020. Detta miljöprogram ska utgöra en utgångspunkt för miljöarbetet i Malmö och lyfter fram fyra delar. Dessa är: ”Sveriges klimatsmartaste stad”, ”Framtidens stadsmiljö finns i Malmö”, ”Naturtillgångar brukas hållbart” och ”I Malmö är det lätt att göra rätt”. Syftet med miljöprogrammet är också att styra frågor kring ekologisk hållbarhet i den nya översiktsplanen (Malmö stad, 2009). För att konkretisera vad som ska göras har en handlingsplan för klimat- och miljöarbetet tagits fram. Denna handlingsplan syftar till att ta ett samlat grepp om de program som finns inom de olika sektorer som arbetar med miljöfrågor. Här presenteras 26 åtgärder som ska göra det möjligt för Malmö att uppnå de miljömål som satts upp i miljöprogrammet. I åtgärd 19 pekas grönstrukturens riktning för framtiden ut. Förutom traditionella parker ska Malmö även satsa på öppen dagvattenhantering, odling, innovativa pilotprojekt m.m. där fokus ska ligga på klimatanpassning, hälsa, naturvård och ekosystemtjänster (Malmö stad, 2012).

Även en handlingsplan för klimatanpassning har tagits fram. Detta för att komplettera handlingsplanen för klimat- och miljöarbetet

och för att följa upp miljöprogrammets delområde ”anpassning till klimatförändringarna” som ingår i målet ”Sveriges klimatsmartaste stad” (Malmö stad, 2009; Malmö stad, u.å. e). För att kolla av om de uppnår sina mål har Malmö skapat ”Miljöbarometern” på sin hemsida. Där finns miljöprogrammets mål uppsatta och hur läget ser ut för att kunna nå miljömålen i tid (Malmö stad, u.å. h). Under delområdena finns så kallade nyckeltal. Delområdet ”anpassning till klimatförändringarna” innefattar för tillfället endast ”Hårdgjord yta”. Enligt hemsidan har ingen förändring skett för att nå detta delområde. Dock finns under delområdet bara ett nyckeltal, vilket baseras på andel hårdgjord yta i staden, och för denna finns bara två mätvärden, ett från år 2000 och ett från år 2005 (Malmö stad, u.å. a). Katrin Persson på Miljöförvaltningen svarade på frågan ”om nya mätvärden håller på att tas fram och införas på hemsidan” att statistiken hämtas från SCB, och att de inte tagit fram några nya värden ännu (Persson, 2014-05-09, e-postkonv.). Ytterligare fyra nyckeltal undersöks för att komplettera delområdet. Dessa är ”Grönytefaktor”, ”Gröna tak”, ”Öppen dagvattenhantering” och ”Regnintensitet” (Malmö stad, u.å. n). På frågan hur det går med framtagandet av dessa nya nyckeltal svarade Katrin Persson att de tyvärr inte haft resurser att arbeta vidare med dem. Däremot håller lokal väderdata på att läggas upp eftersom denna finns mer lättillgänglig (Persson, 2014-05-09, e-postkonv.).

Malmö stad har även en grönplan, vilken bland annat syftar till att öka den sammanlagda grönytan i staden. Grönplanens fokus ligger dock på rekreativa och biologiska värden och går därför inte in på klimatförändringarna och klimatanpassning (Malmö stad, 2003). Malmös trädplan nämner istället kortfattat några av dessa aspekter (Malmö stad, 2005). Mer finns det att läsa i handlingsplanen för

klimatanpassning. Så för att återgå till denna fokuserar den på ökad nederbörd, havsvattennivåhöjning och ett varmare klimat. Dessa har identifierats som de största och mest utmanande förändringarna för Malmö. Utifrån dessa har sedan sju initiala åtgärder tagits fram för att konkretisera handlingsplanen. I ordning har dessa klimatanpassningsåtgärder prioriterats: Samordning, Finansiering av åtgärder, Klimatanpassning som en del i risk- och sårbarhetsanalyser, Risebergabäcken som nationellt demonstrationsområde (ingår i GreenClimateAdapt, se nästa stycke), Kustskydd vid högvatten, Ökad grönska och Klimatanpassning i den långsiktiga planeringen. I handlingsplanen finns även en ordentlig lista på positiva och negativa konsekvenser av ett förändrat klimat (Malmö stad, u.å. e).

Stadsträd i Malmös klimatanpassningsarbete

Ökad grönska är en de sju åtgärder som Malmö tagit fram i sin handlingsplan för klimatanpassning (Malmö stad, u.å. e). Malmö har, liksom Zimmerman & Faris, konstaterat att en ökad grönska i städer både minskar klimatpåverkan och anpassar staden till klimatförändringarna (Malmö stad, u.å. e; Zimmerman & Faris, 2011). För att öka Malmös grönska är t.ex. grönytefaktorn ett viktigt redskap. I nybyggda stadsdelar har grönskan tack vare denna ökat (Malmö stad, u.å. c). I Malmö uppmuntras privatpersoner att plantera träd på tomten för att bidra till en bättre stadsmiljö (Malmö stad, u.å. k).

Malmö vill förtäta staden istället för att växa ut på åkermark. I detta avseende är det extra viktigt att ta väl hand om grönytor, vilket de också belyser i handlingsplanen. Genom att satsa på mångfunktionalitet kan kvaliteten på grönytorna förbättras i och

med bättre dagvattenhantering, ökad biologisk mångfald, rekreation, mikroklimat och ekosystemtjänster (Malmö stad, u.å. c; Malmö stad, u.å. e).

På sin hemsida talar Malmö varmt om exotiska trädarter och säger att dessa möjliggör att de även i framtiden kan ha stora gamla stadsträd. Detta för att dessa trädarter har bättre förutsättningar att klara stadsmiljön som redan är och kommer att bli ännu varmare och torrare. De skriver också att det inne i staden alltid är några grader varmare än utanför staden vilket gör att centrum mer eller mindre har växtzon 0 och att fikon, mullbärsträd och äkta kastanj trivs där. De rekommenderar även villaägare att plantera exotiska arter (Malmö stad, u.å. k; Malmö stad, u.å. m). Användandet av exotiska arter går dock emot vad handlingsplanen för klimatanpassning lyfter fram. Där står att den biologiska mångfalden förbättras vid val av inhemska arter av buskar och träd (Malmö stad, u.å. e). Vissa oklarheter om hur Malmö i detalj ska gå framtiden till mötes verkar alltså finnas.

En viktig ståndpunkt att lyfta fram ur handlingsplanen för klimatanpassning är att alla ytor som inte *måste* vara hårdgjorda kan göras gröna. Detta kan göras genom att exempelvis plantera stora träd längs gator, på skolgårdar, i trädgårdar och parker. Grönytefaktorerna är ett viktigt arbetsredskap i detta sammanhang och kompletteras på sina håll även av Miljöbyggprogram SYD. Där ställs ytterligare krav på exempelvis urban biologisk mångfald och växtval (Malmö stad, u.å. e).

Malmö driver några olika projekt som bland annat ska främja stadens grönska. Ett bra exempel är BiodiverCity, vilket syftar till att skapa en grönare, mer attraktiv och hälsosam stad. Projektet ska testa nya metoder

för att öka stadens biologiska mångfald och ge förutsättningar för fler ekosystemtjänster, vilka bland annat innefattar dagvattenhantering och klimatanpassning. Träd i gatumiljöer ingår som en del i detta projekt (Malmö stad, u.å. b). Detta delprojekt har försökt ta fram nya tekniska lösningar för att minska risken för jordkompaktering och därmed förbättra chanserna att ha friska längs Malmös gator (Kruuse, 2014-05-07, e-postkonv.). Vitala träd är, som tidigare nämnt, en avgörande



Träd i hårdgjorda miljöer som dessutom utsätts för jordkompaktering lever ett hårdare liv (t.v. i bild) än de som står i grönytor och dessutom slipper trampande fötter (t.h. i bild).

faktor för att kunna utnyttja stadsträdens egenskaper till fullo (Hardin & Jensen, 2007; Nowak, 2002; Roloff et al., 2009).

GreenClimeAdapt är ett annat projekt som direkt berör ämnet för detta arbete. Projektet finansieras av EU och syftar till att med gröna medel visa hur städer kan anpassas till klimatförändringarna. Som nämdes i början av detta arbete måste anpassningar göras utifrån lokala förutsättningar och behov. Det finns därför inget universellt koncept som talar om tillvägagångssättet för att anpassa staden till klimatförändringarna. Projekt så som GreenClimeAdapt blir därför exempel på hur anpassningsarbetet kan gå tillväga. Under projektperioden har arbetet innefattat en ekologisk dagvattenanläggning, gröna tak och gröna fasader (Malmö stad, u.å. d).

Temperatur

I sin handlingsplan för klimatanpassningar konstaterar Malmö att träd, grönområden, fördröjningsdammar och vattendrag kan motverka urbana värmeö-effekter (UHIE) och minska extremtemperaturer. De motiverar detta med att vattenytors avdunstning kyler luften och att träd svalkar genom skuggning. Dock tas inte trädets kylande effekt av transpirationen upp här (Malmö stad, u.å. e). Denna effekt tas däremot upp i trädplanen där Malmö skriver att stadsträd avger vattenånga som sänker temperaturen. De skriver också att detta skapar ett trivsammare klimat då stadsluften annars är väldigt torr. (Malmö stad, 2005, s.30-31). UHIE förvärrar effekten av värmeböljor och leder till en ökad dödlighet (EEA, 2012b, ss.18-19, 21; Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007, s.24). UHIE kan minskas genom användandet av stadsträd (Akbari et

al., 2001; Feyisa et al., 2014; Hardin & Jensen, 2007; Taha, 1997).

Malmö skriver också i sin handlingsplan att gröna omgivningar kan minska energiförbrukningen, vilket gör att viss användning av fossila bränslen kan undvikas för kylning av lokaler och bostäder (Malmö stad, u.å. e). Forskning visar också på att vegetation i städer kan skugga byggnader och därigenom sänka energiförbrukningen för luftkonditionering (Bolund & Hunhammar, 1999; Donovan & Butry, 2009). Träd, vattendrag etc. kan enligt handlingsplanen både sänka temperaturen utomhus och inomhus. Malmö pekar på att studier för exempelvis gröna tak och väggar har visat på lovande resultat (Malmö stad, u.å. e). I trädplanen belyser Malmö att stadsträden också har en vinddämpande effekt som minskar *uppvärmnings*behovet av byggnader (Malmö stad, 2005, s.30-31), vilket även forskning visar på (Bolund & Hunhammar, 1999; Donovan & Butry, 2009).

Nederbörd

Malmö konstaterar att klimatförändringarna kommer att föra med sig en ökad ytavrinning av regnvatten och därmed också ett behov av planerade översvämningsytor. De lösningar Malmö ser på dessa problem är enligt handlingsplanen främst urban grönska som kan omhänderta en stor del av nederbörden (Malmö stad, u.å. e). Hur denna grönska ska omhänderta vattnet beskrivs däremot inte. För att komplettera den urbana grönskan krävs även fördröjning och infiltration av regnvattnet i lokala dagvattensystem (Malmö stad, u.å. e). Historiskt sett har slutna dagvattenhantering varit den vanligaste metoden och oftast med kombinerade rör för avlopp och dagvatten. I



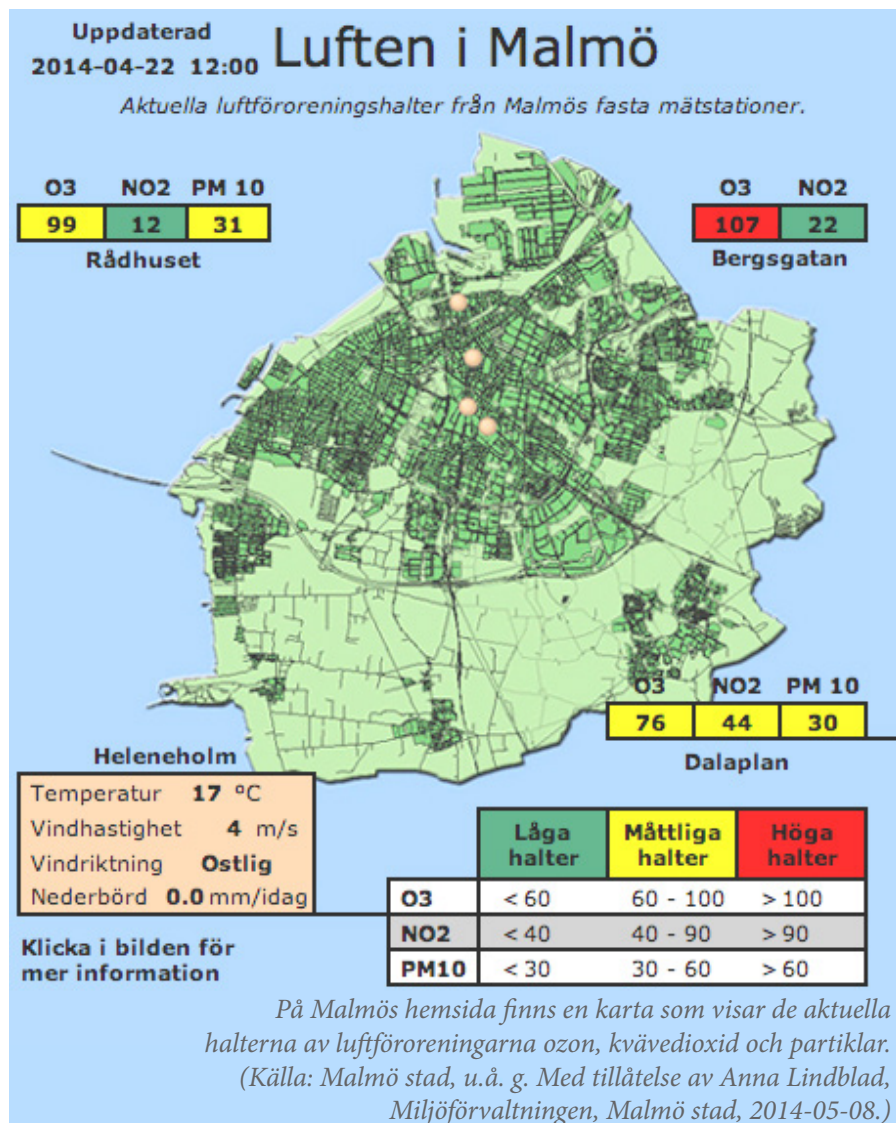
Malmö betstår till 45% av hårdgjorda ytor (2005).

och med klimatförändringarna kommer dagvattensystemet att behöva anpassas till större mängder vatten som kommer ner under kortare tidsperioder. Det skulle vara mycket kostsamt att byta ut all sluten dagvattenhantering för att kunna ta hand om dessa ökade volymer vatten. Därför krävs kompletterande metoder för att minska toppflödet och mängden vatten som ska tas omhand (Villarreal et al., 2004), vilket Malmö också har konstaterat (Malmö stad, u.å. e). Stadsträd kan minska

trycket på de traditionella dagvattensystemen och därigenom reducera kostnaderna för dessa (Asadian & Weiler, 2009). I sin trädplan belyser Malmö också stadsträds förmåga att ta upp stora mängder dagvatten via rötterna (Malmö stad, 2005, s.30-31). Augustenborg i Malmö utgör ett bra exempel på hur lokala och öppna dagvattensystem kan skapas. Dessa dagvattensystem har fler fördelar så som rening av dagvattnet och påfyllnad av grundvattennivån. Tillgång till vatten i stadsmiljön är dessutom trivsamt för människor och gynnar djur (Malmö stad, u.å. e).

Malmö vill minska sina hårdgjorda ytor för att förbereda sig inför ökade nederbörds mängder. Dagvattensystem belastas hårdare när ytorna är hårdgjorda och därför ökar risken för översvämningar. De hårdgjorda ytorna stod år 2000 för 45% av tätortens yta. Fram till år 2005 hade ingen förändring skett (Malmö stad, u.å. f), och eftersom inga nya siffror har tagits fram av SCB i skrivande stund, har heller inga nya mätvärden infogats på hemsidan (Persson, 2014-05-09, e-postkonv.). Vattenavrinningen kan vara så mycket som 60% i "vegetationslösa städer" medan den i vegeterade områden endast är 5-15% (Bernatzky, 1983, se Bolund & Hunhammar, 1999). För stadsträds del spelar även trädgropen stor roll, då denna enligt Armson et al. kan ha stor inverkan på vattenavrinningen (Armson et al., 2013). I linje med detta konstaterade Sjöman & Gill att vegetation och genomsläppliga markmaterial i kombination hade den största effekten på dagvattenavrinningen (Sjöman & Gill, 2014).

Stadsträd kan både reducera dagvattenavrinningen och toppflödena genom kronans uppfångande av regnvatten (Asadian & Weiler, 2009; Sanders, 1986). Dessa egenskaper verkar Malmö inte ha reflekterat över i någon av sina texter.



Luftkvalitet

På kommunens hemsida finns en karta där de rådande halterna av luftföroreningarna ozon, partiklar och kvävedioxid visas för några olika områden i Malmö (Malmö stad, u.å. g). Dessa luftföroreningar är de som Malmö stad funnit mest problematiska. Runt om i Malmö finns tre fasta och en mobil mätstation. Mätvärdena från dessa sammanställs och redovisas i en rapport varje år. Malmö arbetar aktivt med att minska luftföroreningarna i staden bland annat genom att prioritera busstrafik och sänka hastigheten i staden (Malmö stad, 2014; Malmö stad, u.å. o). I sin handlingsplan för klimatanpassning konstaterar Malmö att träd kan ta hand om luftföroreningar och förbättra stadens luftkvalitet (Malmö stad, u.å. e). Träd kan, förutom att minska halterna av marknära ozon och partiklar, även minska halterna av kvävedioxid (Nowak, 2002). Dock påverkas denna luftförorening troligen inte av klimatförändringarna (IPCC, 2013a, ss.998-999), varför den utelämnats i detta arbete.

Malmö har ett antal miljömål, varav ett är frisk luft. Enligt detta ska halterna av marknära ozon efter år 2010 inte överskrida $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ luft som ett medelvärde på åtta timmar (Malmö stad, u.å. i). I jämförelse med riksdagens miljömål, att halterna av marknära ozon inte ska överstiga $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ luft som ett åttatimmarsmedelvärde, är Malmös miljömål lågt satt. Dock skall nämnas att riksdagens miljömål är satta utefter lågrisknivåer och att 2020 är satt som det år då målen ska vara uppnådda. Gränsvärdena för luftföroreningar är satta utefter lågrisknivåerna för cancer, samt riktvärden för skydd mot sjukdomar och påverkan på växter, djur, material och kulturföremål (Naturvårdsverket, 2013-02-07). Stadsträd kan sänka temperaturen i staden och därmed

minska bildandet av ozon (Jacob & Winner, 2009; Nowak, 2002). I urbana skogsområden har sänkningar av ozonhalten uppmätts till hela 15% efter bara en timme (Nowak & Crane, 2000 se Nowak, 2002).

Malmö har även för partiklar ett eget miljömål, vilket innebär att PM₁₀ inte ska överstiga 40 µg/m³ luft som medelvärde under ett år och 50 µg/m³ luft som medelvärde under ett dygn (Malmö stad, u.å. j). I riksdagens miljömål är dessa gränser satta till 15 µg/m³ luft under ett år och 30 µg/m³ luft under ett dygn (Naturvårdsverket, 2013-02-07). Återigen är Malmös gränsvärden satta lågt i förhållande till riksdagens miljömål. I Malmö har årsmedelvärdet för PM₁₀ överskridit det nationella miljömålet för frisk luft under 11 år mellan 2000 och 2012. Bara 2 år har medelvärdet varit under miljömålet (Miljömål, 2014-03-26c). I London har uppskattats att 1,9% av dödsfallen orsakas av PM₁₀ (Tallis et al., 2011). Störst reducerande effekt av PM₁₀ har stadsträd längs gator (Tallis et al., 2011). För två mätplatser i Malmö har årsmedelvärdet för PM_{2,5} överskridit det nationella miljömålet 12 av 13 år under åren 1999-2011 (Malmö stad, u.å. j). I Sverige dör 3000-5000 personer varje år på grund av partiklar (Miljömål, 2014-03-26d).

Enligt Malmös trädplan har stadsträd en vinddämpande effekt som kan minska stoft- och partikelmängderna i luften (Malmö stad, 2005, s.31), vilket dock kan ifrågasättas. Snarare ska luftcirkulation möjliggöras och på så sätt spåda ut halterna av partiklar (Jacob & Winner, 2009). I trädplanen står också att stadsträd kan fånga upp stoft och partiklar (Malmö stad, 2005, s.31), vilket också Nowak och Tallis et al. skriver (Nowak, 2002; Tallis et al., 2011). Vid en undersökning av urbana skogsområden hade träden fångat upp 13% av luftens partiklar efter bara en timme (Nowak & Crane, 2000 se Nowak, 2002). Enligt Tallis et

al. är just stadsträden den vegetationstyp som tack vare sin storlek mest effektivt fångar upp partiklar (Tallis et al., 2011).

I Malmös handlingsplan för klimatanpassningar finns inget att läsa om luftkvalitet, dock framhävs att planen inte är heltäckande (Malmö stad, u.å. e). Visserligen är förekomsten av både marknära ozon och partiklar huvudsakligen beroende på utsläpp, men som konstaterats tidigare i detta arbete drivs dessa luftföroreningar ändå till viss del av klimatförändringarna.

Sammanfattning

Malmö bedriver ett aktivt arbete för att begränsa sin klimatpåverkan. 2009 slog de fast sitt miljöprogram med innehållande miljömål (Malmö stad, 2009). Det var också då som Malmös arbete med klimatanpassning tog fart i och med miljömålet ”anpassning till klimatförändringarna”. För att konkretisera sina mål har Malmö tagit fram en handlingsplan för klimatanpassning, samt satt upp fysiska åtgärder (Malmö stad, u.å. e). Malmö driver också ett par projekt vilka arbetar med grön klimatanpassning av staden (Malmö stad, u.å. b; Malmö stad, u.å. d).

Malmö är medvetna om träds och hela grönytors förmåga att reducera temperatur, ta upp dagvatten och rena luft. De kopplar samman träds förmåga att sänka temperatur och ta upp dagvatten med anpassningar till klimatförändringarna, men inte förmågan att i kronan fördröja och direkt avdunsta regnvatten, samt att rena luft. Den luftrenande egenskapen kopplar de enbart till samhällsperspektivet med folkhälsan, och möjligen till att begränsa klimatpåverkan. Malmö har skrivit förhållandevis mycket om anpassningar till klimatförändringarna,

men inte lika mycket om hur dessa ska göras. Anpassningar måste göras utifrån lokala förutsättningar och behov (EEA, 2013, s.8). Därför är projekt så som GreenClimateAdapt och BiodiverCity viktiga för att implementera teorin i verkligheten och ge exempel för hur vidare arbete kan se ut (Malmö stad, u.å. b; Malmö stad. u.å. d).

Detta arbete kan förhoppningsvis ge en bättre förståelse för hur stadsträd kan bidra till att förbättra mikroklimatet i staden och anpassa städer, i detta fall Malmö, till klimatförändringarna. Denna diskussion inleds med att resonera kring arbetets delar och vad stadsträd kan bidra med, för att sedan mer övergå till Malmös pågående klimatanpassningsarbete.

ARBETETS DELAR

Den första delen behandlar forskningen kring stadsträds positiva egenskaper för klimatet, vilka går att använda i anpassningen till klimatförändringarna. I avgränsningarna gjordes valet att arbetet bara skulle vara tillämpligt för tätorten Malmö. Den första delen skulle dock kunna fungera för hela Skåne eller större delen av södra Sverige.

Fakta om klimatförändringarna har framför allt tagits från de senaste rapporterna av IPCC, EEA och Klimat- och sårbarhetsutredningen, samt SMHI:s hemsida. Jag känner att detta har varit en bred och trovärdig grund att basera framtidsutsikterna för Malmö på. Fakta till hur stadsträden kan bidra till att förbättra stadsklimatet och anpassa städer till klimatförändringarna har hämtats från ett flertal vetenskapliga artiklar. Sökord, så som de i inledningen nämnda, har använts för att söka reda på

artiklar. När en intressant artikel har hittats har rubriken till de relaterade artiklarna som databasen föreslagit kontrollerats. Även referenser i intressanta texter har letats upp och använts. Detta insamlande av material kallas snöbollsmetoden och har gjort att många relevanta artiklar har hittats.

För att begränsa mina sökningar har flera sökord använts tillsammans. När mer övergripande artiklar har sökts har det inte alltid varit möjligt att lägga till fler sökord och därför har en begränsning blivit nödvändig. Eftersom de mest relevanta träffarna brukar placeras först gjorde jag valet att bara läsa igenom rubrikerna till de 25-50 första träffarna, trots att träffarna ibland var över 1000. Artiklar kan på detta vis ha missats, men samtidigt har alla arbetets områden täckts in med flera olika vetenskapliga artiklar, varför resultatet torde vara tillförlitligt.

Huvudsakligen har databasen ScienceDirect använts, där mycket relevant forskning har kunnat hittas. Google Scholar har också använts en del, vilken i många fall länkat till andra databaser. Ytterligare några databaser har testats, vilka inte alls kunnat uppvisa lika många relevanta träffar som ScienceDirect, varför denna har använts i störst utsträckning. Risken för att missa relevant läsning finns alltid, och att mestadels söka i en databas ökar såklart denna risk. Detta kan ha gjort att fler goda argument för användandet av stadsträd kan ha missats.

Däremot tror jag inte att några egenskaper (exempelvis skuggande eller luftrenande) som stadsträd har inom de beskrivna områdena missats eftersom flera vetenskapliga artiklar har använts inom respektive område.

Den andra delen av resultatet handlar om Malmös gröna anpassningar och om de medvetet arbetar med stadsträd i dessa. Denna del fokuserar mer på Malmö, men kan även fungera som inspiration för andra kommuner som inte har kommit lika långt med sitt klimatanpassningsarbete (eller ens börjat). Tillämpbarheten på andra städer kan bero på geografin med plan mark eller mycket backar, om den ligger kustnära, om det finns vattendrag som rinner genom staden, hur omgivande landskap ser ut, andel hårdgjorda ytor etc. Inspiration kan hämtas från Malmös klimatanpassningsarbete, men anpassningar till lokala behov måste alltid göras. Denna del om Malmös gröna anpassningar grundar sig nästan uteslutande på den information som finns att tillgå på Malmö stads hemsida och inte på information och kunskap som medarbetare på Malmö stad sitter inne på. Enda undantaget från detta är två personer som kontaktats via e-post med frågor som har berört ett projekt som Malmö stad driver, samt hur framtagandet av nya nyckeltal går. På hemsidan fanns viss information att hitta, men för arbetet krävdes att just denna information utvecklades något.

Malmö har rent generellt en väl utvecklad hemsida där man lätt kan ta sig fram och som länkar vidare på ett bra sätt. Jag tror trots detta att Malmös kompetens både är större och bredare än vad som lyfts fram i detta arbete, vilket kan ha påverkat resultatets andra del. Valet att bara söka information på hemsidan är medvetet och grundar sig i att det är

en kommun som undersöks och att alla kommuners handlingar ska vara offentliga. Jag har av denna anledning valt att inte söka upp den kompetens som finns hos medarbetarna. Det som står skrivet finns tillgängligt för alla, medan det som bara en person känner till bara kan nå ut till dem som frågar denne. I arbetet för att anpassa Malmö till klimatförändringarna behöver informationen nå ut till alla och därför har fokus för detta arbete legat på nedskrivet material.

Temperatur

Stadsträd verkar temperatursänkande genom transpiration och skuggning av ytor och byggnader (Bolund & Hunhammar, 1999). Malmö har i trädplanen nämnt att träd avger vattenånga vilket skapar ett trivsammare klimat och i handlingsplanen för klimatanpassning skrivit att de skuggar (Malmö stad, 2005, s.31; Malmö stad, u.å. e). I jämförelse med övriga klimatförändringar är den förhöjda temperaturen kanske den klimatförändring som flest känner till och vet vad den innebär. Forskning visar tydligt på att stadsträd kan sänka temperaturen (Bolund & Hunhammar, 1999; Hardin & Jensen, 2007) och det är förmodligen också därför som Malmö inom detta område verkar känna till hur stadsträden fungerar.

För rätt användning i form av artval, placering etc. (som jag går in på senare i diskussionen) krävs dock djupgående kunskaper. Det är i klimatanpassningsarbetet inte bara viktigt att känna till hur stadsträd trivs och var man kan placera stadsträd med hänsyn till ledningar, fasader etc., utan också var de gör mest nytta och kan bidra mest med sina egenskaper. Detta är något som jag inte tror övervägs i lika stor grad som övriga praktiska skäl. För att kunna klimatanpassa Malmö

på bästa sätt kan nya tankesätt behöva appliceras. Framförallt bör tankesättet ”var kan jag placera stadsträd” ifrågasättas och tankesättet ”var gör stadsträd mest nytta” introduceras. Självfallet går det inte att placera träd överallt, men att ändå ha ”nyttotänket” främst kan skapa nya lösningar och möjligheter.

Nederbörd

Stadsträd verkar ha större effekt för anpassningen till en ökad temperatur i staden än till en ökad nederbördsintensitet. Detta antagande grundas på vad jag under arbetets gång har läst, samt hur mycket forskning det finns på stadsträd som temperaturreglare och på stadsträd i dagvattenhanteringen. För dagvattenhanteringen fokuserar de flesta forskningspublikationer på hela grönytors funktion. Att hela grönytan har större effekt än det enskilda trädets delar ovan mark framgår också i undersökningen av Kirnbauer et al. De fann att stadsträd kunde ta upp mycket mer dagvatten än andra forskare kommit fram till, vilket var eftersom Kirnbauer et al. räknade med effekten trädgruppen hade på dagvattenhanteringen (Kirnbauer et al., 2013). Studier som bara behandlar kronans uppfångande av regnvatten, så som den av Asadian & Weiler samt Sanders, kan i många fall vara missvisande eftersom ett träd inte bara består av stam och krona ovan mark, utan även rötter under mark (Asadian & Weiler, 2009; Sanders, 1986). I de flesta fall finns åtminstone en liten trädgrupp, vilken har effekt på dagvattenhanteringen, och borde räknas till stadsträdens funktion. Detta försvårar den avgränsning som sattes upp, vilken innebar att bara stadsträd skulle behandlas och inte hela grönytors funktion. Den definition av stadsträd som sattes upp i samband med frågeställningarna avser alla träd inom tätorten. Detta innebär att inte bara träd i hårdgjorda miljöer,

utan även träd i grönytor avses, varför effekterna av dessa inte kan uteslutas. Möjligen skulle därför en avgränsning gjorts till att endast gälla stadsträd i hårdgjorda miljöer för att dra en tydligare gräns mellan stadsträd med tillhörande trädgrupp eller tillhörande grönyta. Fokus har dock hela tiden legat på stadsträden.

Hur effektivt ett stadsträd med tillhörande trädgrupp i hårdgjord yta är på att ta upp och fördröja dagvatten beror på om trädgruppen har en uppstickande kant eller inte. Finns en kant hindras dagvatten från att rinna ner i gropen. I studien av Armson et al. kunde dagvattnet rinna ner i gropen, vilket bidrog till ett bättre resultat för stadsträdens upptag av regnvatten än vad Asadian & Weiler, samt Kirnbauer et al. kommit fram till i sina studier (Armson et al., 2013; Asadian & Weiler, 2009; Kirnbauer et al., 2013). Låts dagvattnet rinna ner i trädgrupper kan dagvattenavrinningen minskas. Följdfrågan är om detta är önskvärt. Vattnet kan vara kraftigt förorenat och skada både jord, träd och grundvatten. Det skulle vara bra att kunna se till platsens förutsättningar och utefter dessa välja huruvida dagvattnet ska dräneras mot trädgruppen eller inte. Står stadsträden mellan en gata och en gång- och cykelbana kan åtminstone dagvattnet från gång- och cykelbanan ledas till trädgrupperna, dock med hänsyn till om den saltas mycket under vintern. Huruvida dagvatten från gatan ska ledas till trädgrupperna bör övervägas med specifika kunskaper i ämnet. Leds mer dagvatten mot stadens trädgrupper kan stadsträden i större utsträckning bidra till att anpassa Malmö till klimatförändringarna. Samtidigt kan träden få för mycket vatten och ”drunkna”, det vill säga dö av syrebrist eller ruttna. Som Armson et al. skrev så får träd i stadsmiljöer oftast för lite vatten och sällan för mycket. De hävdade också att stående vatten kan undvikas med rätt utformning av trädgrupperna (Armson

et al., 2013). En övervägning bör dock ändå göras. Vissa arter kan klara stående vatten bättre än andra (Bartens et al., 2008), vilket bör beaktas vid val av art till en specifik plats och de förutsättningar som ges där. Vid omdirigering av dagvatten till befintliga trädgropar bör vissa aspekter beaktas, så som vilka trädarter som finns på platsen och hur förutsättningarna för dessa ser ut i övrigt.

Kirnbauer et al. försökte utvärdera huruvida det var lönsamt att tillfälligt plantera träd på outnyttjad mark utefter fördelarna med minskad avrinning, men nämnde samtidigt att stadsträd har många fler fördelar (Kirnbauer et al., 2013). För att räkna på lönsamheten att plantera träd i staden, endera tillfälligt eller permanent, bör ett helhetsgrepp tas. Vilka vinster ger denna trädplantering och vilka förluster ger den? Även fast det inte går att sätta ett värde på alla vinster eller förluster tror jag att en sammanställning i de flesta fall skulle visa att en trädplantering skulle generera fler vinster än förluster, sett till ett helhetsperspektiv. Jag tror att stadsträd, genom besparingar av andra utgifter så som kylning i byggnader eller nya dagvattenledningar, kan inbringa stora vinster för samhället.

Luftkvalitet

Malmö har konstaterat att trafiken är den största boven till luftföroreningarna (Malmö stad, u.å. o), vilket också fakta visar på (Jacob & Winner, 2009; Miljömål, 2014-03-26b). Klimatförändringarna kommer troligen bara att stå för en mindre del av luftföroreningarna. Varför delen om luftkvalitet ändå är med i detta arbete är av två anledningar. 1. Luftkvaliteten påverkas av klimatförändringarna, om än i mindre grad än vad den påverkas av trafiken. 2. Denna påverkan

kommer att utgöra ett påslag till befintliga luftförorenare. För att kunna anpassa sig och nå uppsatta mål för luftkvaliteten bör detta påslag räknas med. Eftersom luftkvaliteten är beroende av ett antal faktorer är det svårt att uppskatta exakta värden. Det skadar dock inte att ta i lite extra och plantera fler träd på rätt ställen. På så vis kan luftkvaliteten förbättras endera den är orsakad av klimatförändringarna eller direkt av trafik och övriga primära utsläppskällor.

Malmö har en bit att gå för att nå upp till riksdagens miljömål vad det gäller luftföroreningarna marknära ozon och partiklar. Malmö verkar inte ha tagit med i beräkningen den del av luftföroreningarna som riskerar att uppkomma på grund av klimatförändringarna, vilket ytterligare kan försvåra måluppfyllelsen. Ett ännu intensivare arbete för att begränsa luftföroreningarna kommer troligen att behövas. Problemet här ligger i påståendet att ”det man inte vet något om kan man heller inte förbereda sig på”. Malmö (liksom forskningen, se IPCC, 2013b, s.22) skulle behöva en större kunskap om hur klimatförändringarna kommer att påverka luftkvaliteten för att kunna nå miljömålen i tid. Malmö skriver på några ställen att stadsträd kan rena luften från luftföroreningar (Malmö stad, 2005, s.31; Malmö stad, u.å. e), men hur träden gör detta går de inte in på. Stadsträd kan rena luften från föroreningar, men också bidra till att bilda dem (Nowak, 2002). En större kunskap om detta skulle troligen kunna hjälpa Malmö att använda stadsträden på rätt sätt och på rätt ställen för att få ut största möjliga effekt av dem.

KLIMATANPASSNINGSPÅRBEKET I MALMÖ

Som lyftes fram i resultatet, verkar Malmö inte veta hur de i detalj ska använda stadsträden i sitt anpassningsarbete. På hemsidan förespråkar Malmö exempelvis exotiska trädarter (Malmö stad, u.å. k; Malmö stad, u.å. m), medan de i handlingsplanen för klimatanpassning förespråkar inhemska arter (Malmö stad, u.å. e). Mathey et al. lyfter fram det faktum att bevarande och grönyteplanering har meningar som ofta går isär, vilket försvårar utvecklandet av grön infrastruktur i städer och även kunskapsprocesser från att fortskrida (Mathey et al., 2011). Denna typ av meningsskiljaktigheter kan tydas i dessa texter. Malmö måste se närmre på hur de i detalj ska gå tillväga i sitt användande av stadsträd i klimatanpassningsarbetet. De bör se över frågor så som:

- Vilka effekter av klimatförändringarna är det träden ska avhjälpa eller lindra? Exempelvis UHIE eller ökade nederbörds mängder.
- Vilka arter ska då väljas och hur ska dessa placeras för att effekten ska bli optimal? Exempelvis: Vilka arter är bäst på att sänka temperaturen? De bör sättas på platser där UHIE är som störst och gärna så att de skuggar byggnaderna, men hur ska de placeras? Vilka arter kan väljas där dagvattenhanteringen väntas bli problematisk? Hur ska de placeras?
- Hur trädets växtförhållanden kommer att förändras i och med klimatförändringarna är också en aspekt att beakta eftersom träd planteras för att växa och finnas till många år fram i tiden.

Dessa frågor har bara behandlats övergripande i detta arbete eftersom en av avgränsningarna var att inte gå in närmre på det praktiska tillämpandet. För detta kan flera arbeten skrivas eftersom kunskaperna måste vara mycket ingående för att sammanhanget ska kunna förstås. Jag har exempelvis nämnt att träd bör placeras nära fasader för att skuggningen ska ha någon effekt för energiförbrukningen. Jag har däremot inte gått in på hur nära eller vilka arter som är bäst på att skugga. Dessa detaljerade frågor har lämnats öppna till andra att söka svar på.

Mathey et al. konstaterar att det finns en generell kunskapsbrist gällande specifika urbana vegetationsstrukturer och de effekter dessa har på klimatet (Mathey et al., 2011). Eftersom träd tar tid på sig att växa upp behöver Malmö inhämta denna typ av detaljerade kunskaper redan nu för att stadsträden om ett antal år ska kunna tillhandahålla önskvärda effekter. Om kunskapen redan finns bör den infogas i strategier för hur den gröna klimatanpassningen ska gå till. All sådan kunskap som finns nedskriven och är lättåtkomlig gör att fler kan ta del av den och arbeta med den.

Genom att fördjupa och sprida sina kunskaper tror jag också att klimatanpassningsarbetet blir mer effektivt. Bristande kunskaper kan leda till ineffektivitet och därmed att mer måste göras för att uppnå samma resultat. Bristande kunskaper kan också leda till felaktig placering. Sämre förutsättningar för trädet leder till sämre vitalitet och förkortad livslängd och därmed nedsatta förmågor (Nowak, 2002; Roloff et al., 2009). De positiva effekter som stadsträden för med sig kan sägas växa med trädet eftersom ett större träd har större förmåga att

exempelvis sänka temperatur (Hardin & Jensen, 2007). Har inte trädet rätt förutsättningar kan de önskvärda effekterna omöjligt fås. I slutändan riskerar det att bli kostsamt av flera anledningar. Jordförbättring eller i värsta fall byte av träd kostar pengar. Ett träd som var menat att stå på en plats och växa sig stort, men efter ett antal år måste bytas kostar inte bara pengar, även ekosystemtjänster går förlorade och tid för att hinna anpassa sig till klimatförändringarna går också förlorad.

Användandet av stadsträd i Malmö

Stadsträdens värde för Malmö är tydligt i allt från Malmös slogan "Parkernas stad" till att de har upprättat en trädplan. Med de klimatförändringar som väntas påverka Malmö kommer stadsträden troligtvis att bli än mer betydelsefulla för Malmö. Stadsträden kan ge skugga och sänka temperaturen i staden, de kan ta upp och fördröja dagvatten och de kan ta upp luftföroreningar. Alla dessa egenskaper kommer att behövas när klimatet förändras och Malmö ska anpassa sig till detta. Som jag tidigare har lyft fram behöver Malmö fördjupa sina kunskaper ytterligare kring stadsträd och användandet av dessa. Många författare lyfter fram att en ökad trädkrontäckning och en ökad mängd vegetation effektivt sänker temperaturen (Feyisa et al., 2014; Hardin & Jensen, 2007), vilket innebär att fler eller möjligtvis träd som blir större skulle behöva planteras. Många lyfter också fram vikten av rätt placering (Bolund & Hunhammar, 1999; Donovan & Butry, 2009; Nowak, 2002), vilket kan innebära att vissa normer måste sättas på prov. Exempelvis kanske det solälskande svenska folket måste acceptera att ett träd skuggar solen och skymmer utsikten från kontorsfönstret när syftet är att det ska skugga fasaden och därigenom sänka energiförbrukningen. För att sådana här projekt ska kunna genomföras måste informationen

nå ut till befolkningen. Genom att informera om anledningen till förändringar eller förekomster skapas en förståelse och acceptans.

I och med att grönska och stadsträd i forskningen lyfts fram som effektiva verktyg i klimatanpassningen (Gill et al., 2007; Zimmerman & Faris, 2011) kommer städer som anpassar sig till klimatförändringarna bli grönare. Detta har många fler fördelar än de som inverkar på mikroklimatet. Grönska är bland annat viktigt för både hälsa och välbefinnande (Jansson, 2012, s.8.). Chansen finns att klimatanpassningarna också gör att städerna anpassas mer för människorna som bor där i och med ökade möjligheter till utevistelse. Det finns även en chans att människorna börjar förflytta sig mer till fots och cykel när omgivningarna är mer inbjudande (Jansson, 2012, ss.20-21), vilket leder till minskade utsläpp och minskad klimatpåverkan. Jag tror att flera sådana här synergieffekter kan växta fram allt eftersom arbetet med Malmös gröna anpassningar fortskrider.

Hinner Malmö anpassa sig i tid?

För att nå målet "Sveriges klimatsmartaste stad" till år 2020 måste fem delområden uppfyllas. Ett av dessa är "anpassning till klimatförändringarna". Här står kort och gott: "Malmö ska förbereda för till exempel ändrad temperatur, höjd havsyttnivå och ökad nederbörd. Förutseende ger stor miljönytta och lägre kostnader." (Malmö stad, 2009, s.7). Ingen mer precisering finns att hitta här. I handlingsplanen för klimat- och miljöarbetet finns ordet klimatanpassning inte ens nämnt under målet "Sveriges klimatsmartaste stad", utan återfinns bara under en av åtgärderna för målet "Naturtillgångar brukas hållbart" (Malmö stad, 2012, s.7,9). Malmö ska anpassa sig till ett förändrat

klimat, men hur långt ska de ha nått år 2020 för att uppfylla delområdet till miljömålet? Räcker det med införandet av ett par gröna tak? I så fall har de redan lyckats! Utan ett mer tydligt mål kan det vara svårt att veta hur långt arbetet ska ha kommit till år 2020.

Trots att miljömålets delområde för klimatanpassning inte är mer specificerat, vill Malmö som en av sju åtgärder i handlingsplanen för klimatanpassning satsa på "ökad grönska" (Malmö stad, u.å. e). Jag tror det skulle vara fördelaktigt för Malmö att lyfta stadsträden mer i klimatanpassningsarbetet. Stadsträd är trots allt den typen av vegetation som är särskilt effektiv när det kommer till att sänka temperaturen (Hardin & Jensen, 2007), minska dagvattenavrinningen (Sjöman & Gill, 2014) och ta upp luftföroreningar (Nowak, 2002; Tallis et al., 2011). Malmö använder sig redan av grönytefaktorn vid nybyggnation (Malmö stad, u.å. c), vilken sätter olika värden på olika typer av vegetation och ytor. Detta är en bra början, men även i de styrande dokumenten och framför allt i åtgärderna skulle en uppdelning troligen vara gynnsam. Stadsträd har så många goda egenskaper och tack vare sin storlek kan de bidra i mycket större utsträckning än vad mindre vegetationstyper kan. I nuläget skriver Malmö mestadels om "ökad grönska" i sin handlingsplan för klimatanpassning, vilket riskerar att bli alltför allmängiltigt. Grönska nämndes 20 gånger i dokumentet medan träd nämndes 6 gånger, varav 3 gånger i en mening där övriga grönstrukturer ingick. Bara 3 gånger nämndes träd i en egen mening. Genom att lyfta stadsträden ur detta begrepp och behandla dem för sig tror jag att en grund för mer effektiva anpassningar skulle skapas, samt en diskussion om vilka fördelar träd har som annan vegetation inte kan bidra med.

"Anpassa staden till klimatförändringarna" är ett mål som på pappret lätt kan sättas upp. För att göra det i verkligheten krävs mer. Trots att Malmö har något vaga mål på pappret realiserar de anpassningar runt om i staden. Detta är en bra början. Följdfrågan är om de anpassningar som görs i Malmö räcker för att anpassa staden i tid. Denna fråga är omfattande och komplex, men till att börja med kan det vara bra att se hur utvecklingen hittills har gått. Hela Malmös delområde "anpassning till klimatförändringarna" grundar sig för tillfället bara på ett nyckeltal (hårdgjord yta) med två mätvärden. Andelen hårdgjord yta i staden år 2000 och 2005 säger inte allt om Malmös anpassningar till klimatförändringarna, och därför står också på hemsidan att "bedömning kan inte göras" (Malmö stad, u.å. a). Nyckeltalen visar på utveckling över tid och därför behövs både fler mätvärden och fler nyckeltal. Delområdet skulle vara mycket mer välgrundat om de fyra nyckeltalen (grönytefaktor, gröna tak, öppen dagvattenhantering och regnintensitet) som enligt hemsidan undersöks hade kunnat tas fram (Malmö stad, u.å. n). Dessa kan då visa på en större bredd av anpassningar till de olika effekter klimatförändringarna för med sig. Av resursskäl ligger dessa för tillfället på is.

Två av fem delområden under miljömålet "Sveriges klimatsmartaste stad" grundar sig bara på ett nyckeltal där en bedömning inte kan göras (Malmö stad, u.å. l). Detta gör det svårt att uppskatta hur utvecklingen för att nå miljömålet "Sveriges klimatsmartaste stad" egentligen ser ut. Både resultaten för måluppfyllelsen (som grundar sig på delområdena) och trenden (som grundar sig på nyckeltalen) borde därför vara lite missvisande. Med tanke på att miljöprogrammet sträcker sig mellan 2009 och 2020, så borde det nu (2014) vara hög tid att ta fram mer

tillförlitliga utvecklingskurvor för hur arbetet med att uppnå miljömålen går. Halva tiden har redan gått och för att kunna nå målen i tid till 2020, så är det viktigt att veta vilka resultat arbetet hittills har gett.

Det sista nyckeltalet som enligt hemsidan undersöks är regnintensitet (Malmö stad, u.å. n). Egentligen är regnintensitet något Malmö ska anpassa sig till och inte en anpassning som Malmö gör. Hur ska denna kunna visa på om Malmö når sina miljömål? ”Lokal väderdata” är på väg att läggas till inom delområdet anpassningar till klimatförändringarna (Persson, 2014-05-09, e-postkonv.). Även här är det lite oklart vad Malmö vill kunna visa att de har gjort för att anpassa Malmö till klimatförändringarna. Dessa mätvärden är snarare en grund att basera miljömålen på. Av övriga nyckeltal som är under utredning är grönytefaktorn det nyckeltal som inkluderar träd. Stadsträd har i detta arbete konstaterats vara den typ av vegetation som mest effektivt kan påverka stadsklimatet. Ett nyckeltal skulle därför förslagsvis kunna vara hur många stadsträd Malmö planterar varje år.

Summering

För att summera det hela tycker jag att Malmö är på rätt spår och driver ett bra anpassningsarbete, men som alltid finns det saker som kan förbättras. Genom ett mer medvetet användande av stadsträd tror jag Malmö kan ta ytterligare ett steg i sitt klimatanpassningsarbete. Jag tror också att det skulle vara bra för Malmö om de satte upp lite tydligare mål för sitt klimatanpassningsarbete.

Syftet med arbetet var att undersöka hur stadsträd kan bidra till Malmös anpassningar till klimatförändringarna. Jag har i resultatets två delar sökt svar på arbetets två frågeställningar; på vilka sätt stadsträd kan bidra till klimatanpassningsarbetet, samt hur Malmös gröna klimatanpassningsarbete ser ut och om de i detta medvetet arbetar med stadsträd.

Malmö behöver anpassa staden till mer extrema temperaturer och mer frekventa och långvariga värmeböljor, vilka i kombination med UHIE (Urban heat island effect) kan kosta liv. Trots att nederbördsmängderna väntas bli mindre sommartid kommer regnen att bli mer intensiva vilket resulterar i högre dagvattenflöden och kan leda till fler översvämningar. Luftkvaliteten i staden påverkas av trafiken, men även av klimatförändringarna. Halterna av marknära ozon och partiklar kan stiga med följder så som att folkhälsan påverkas. Stadsträd kan sänka temperaturen i staden, fördröja och minska dagvattenflödena samt ta upp och minska bildandet av luftföroreningar. De är dessutom mer effektiva på att göra detta än annan vegetation varför de bör lyftas upp ur ”den allmänna grönskan”.

Malmö arbetar aktivt med gröna anpassningar och skriver en hel del om ökad grönska. Jag har dock saknat specifik information om stadsträd i deras klimatanpassningsarbete. Oftast ligger fokus på vegetation i allmänhet snarare än enbart stadsträd.

Svaret på om Malmö medvetet använder sig av stadsträd i sitt anpassningsarbete får därför bli ”ibland”. Malmö verkar behöva lite mer detaljerade kunskaper kring hur stadsträd fungerar och hur de ska användas på bästa sätt.

Malmö bör också definiera sina mål för delområdet ”anpassning till klimatförändringarna” för att kunna nå det övergripande målet ”Sveriges klimatsmartaste stad” i tid till 2020. Genom ett tydligare mål för klimatanpassningen, fördjupade kunskaper om stadsträd och en höjd status för stadsträd i klimatanpassningen borde stadsträd kunna användas på ett mer effektivt sätt i Malmös klimatanpassningsarbete.

Akbari, H., Pomerantz, M. & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy* 70(3), 295–310.

Armson, D., Stringer, P. & Ennos, A. R. (2013). The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. *Urban Forestry & Urban Greening* 12(3), 282–286.

Asadian, Y. & Weiler, M. (2009). A new approach in measuring rainfall interception by urban trees in costal British Columbia. *Water Quality Research Journal of Canada* 44(1), 16–25.

Bartens, J., Day, S. D., Harris, J. R., Dove, J. E. & Wynn, T. M. (2008). Can Urban Tree Roots Improve Infiltration through Compacted Subsoils for Stormwater Management? *Journal of Environment Quality* 37(6), 2048.

Bolund, P. & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics* 29(2), 293–301.

Chang, S. W., Clement, T. P., Simpson, M. J. & Lee, K.-K. (2011). Does sea-level rise have an impact on saltwater intrusion? *Advances in Water Resources* 34(10), 1283–1291.

De Blij, H. J., Muller, P. O., Burt, J. E. (2013). *Physical Geography: The Global Environment*. Oxford University Press, USA.

Depietri, Y., Welle, T. & Renaud, F. G. (2013). Social vulnerability assessment of the Cologne urban area (Germany) to heat waves: links to ecosystem services. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 6, 98–117.

Donovan, G. H. & Butry, D. T. (2009). The value of shade: Estimating the effect of urban trees on summertime electricity use. *Energy and Buildings* 41(6), 662–668.

EEA. (2013). *Adaptation in Europe – Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments*. Rosendahls-Schultz Grafisk. Copenhagen.

EEA. (2012a). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 – An indicator-based report*. Rosendahls-Schultz Grafisk. Copenhagen.

EEA. (2012b). *Urban adaptation to climate change in Europe – Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies*. Rosendahls-Schultz Grafisk. Copenhagen.

Ekelund, N. (2007). Anpassning till ett förändrat klimat. Tekniska nämndhuset, Stockholm.

Feyisa, G. L., Dons, K. & Meilby, H. (2014). Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. *Landscape and Urban Planning* 123, 87–95.

Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R. & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment* 33(1), 115–133.

Gómez-Baggethun, E. & Barton, D. N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics* 86, 235–245.

Hardin, P. J. & Jensen, R. R. (2007). The effect of urban leaf area on summertime urban surface kinetic temperatures: A Terre Haute case study. *Urban Forestry & Urban Greening* 6(2), 63–72.

Institutet för miljömedicin. (2014-02-03). Partiklar. Åtkommen via: <http://ki.se/imm/partiklar>, [2014-04-28].

IPCC. (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, Storbritannien, och New York, USA, 582 pp.

IPCC. (2013a). Near-term Climate Change: Projections and Predictability. I: Climate change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, Storbritannien och New York, USA.

IPCC. (2013b). Summary for Policymakers. I: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, Storbritannien och New York, USA.

Jacob, D. J. & Winner, D. A. (2009). Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment* 43(1), 51–63.

Jansson, M. (2012). Hela staden – argument för en grönbå stadsbyggnad. *Stad & Land* nr 183. Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.

Kirnbauer, M. C., Baetz, B. W. & Kenney, W. A. (2013). Estimating the stormwater attenuation benefits derived from planting four monoculture species of deciduous trees on vacant and underutilized urban land parcels. *Urban Forestry & Urban Greening* 12(3), 401–407.

Klimat- och sårbarhetsutredningen. (2007). Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. SOU 2007:60. Stockholm, Miljödepartementet. Åtkommen via: <http://www.regeringen.se/sb/d/108/a/89334>, [2014-03-11].

Klimatanpassningsportalen. (2013-11-14). Nederbörd. Åtkommen via: <http://www.klimatanpassning.se/Hur-forandras-klimatet/nederbord-information-1.22490>, [2014-03-11].

Klimatanpassningsportalen. (u.å.). Om oss. Åtkommen via: <http://www.klimatanpassning.se/Om-oss>, [2014-03-04].

Kruuse, A. (2014-05-07). Annika Kruuse, Fil dr/projektledare, Miljöförvaltningen, Malmö stad. E-postkonversation.

Langner, J., Bergström, R. & Foltescu, V. (2005). Impact of climate change on surface ozone and deposition of sulphur and nitrogen in Europe. *Atmospheric Environment* 39(6), 1129–1141.

Malmö stad. (2003). Grönplan för Malmö 2003. Bäcklunds Boktryckeri, Malmö.

Malmö stad. (2005). Trädplan för Malmö. Malmö centraltryckeri AB, Malmö.

Malmö stad. (2008). Klimatet, havsnivån och planeringen. Dialog-pm 2008:2. Åtkommen via: http://www.malmo.se/download/18.5d8108001222c393c00800026609/1383647011589/Havsniva_Dialog_pm.pdf, [2014-04-17].

Malmö stad. (2009). Miljöprogram för Malmö stad 2009-2020. Åtkommen via: <http://malmo.se/download/18.76105f1c125780a6228800031254/1383643803211/Miljoprogram+for+Malmo+stad+2009-2020.pdf>, [2014-04-23].

Malmö stad. (2012). Handlingsplan för klimat- och miljöarbetet i Malmö stad 2011-2014. Åtkommen via: http://malmo.se/download/18.3744cbfb13a77097d87585f/1383646522075/handlingsplanen_rev121031_webb+kopia.pdf, [2014-04-23].

Malmö stad. (2014). Luften i Malmö 2013. Rapportnr 3/2014. Åtkommen via: http://malmo.se/download/18.760b3241144f4d60d3b3607/1396338932863/Arssapport_2013.pdf, [2014-04-23].

Malmö stad. (u.å. a). Anpassning till klimatförändringarna. Åtkommen via: <http://miljobarometern.malmo.se/miljomal/sveriges-klimatsmartaste-stad/anpassning-till-klimatforandringarna/>, [2014-05-04].

Malmö stad. (u.å. b). BiodiverCity Åtkommen via: <http://malmo.se/Medborgare/Miljo--hallbarhet/Miljoarbetet-i-Malmo-stad/Hallbarstadsutveckling/BiodiverCity.html>, [2014-05-04].

Malmö stad. (u.å. c) Fördjupning: Malmönaturen ska värnas. Åtkommen via: http://redovisningar.malmo.se/2013/?page_id=2703, [2014-04-23].

Malmö stad. (u.å. d) GreenClimeAdapt. Åtkommen via: <http://www.malmo.se/Medborgare/Miljo--hallbarhet/Miljoarbetet-i-Malmo-stad/Klimat--Energi/Klimatanpassning/GreenClimeAdapt.html>, [2014-05-07].

Malmö stad. (u.å. e). Handlingsplan för klimatanpassning, Malmö 2012-2014. Åtkommen via: <http://www.preventionweb.net/applications/hfa/lgsat/en/image/href/2327>, [2014-04-04].

Malmö stad. (u.å. f). Hårdgjord yta. Åtkommen via: <http://miljobarometern.malmo.se/key.asp?mp=MP&mo=1&dm=5&nt=1>, [2014-03-05].

Malmö stad. (u.å. g). Luften just nu. Åtkommen via: <http://malmo.se/Medborgare/Miljo--hallbarhet/Miljolaget-i-Malmo/Luft/Luften-just-nu.html>, [2014-04-22].

Malmö stad. (u.å. h). Miljöbarometern – Malmös miljömål. Åtkommen via: <http://miljobarometern.malmo.se/>, [2014-05-04].

Malmö stad. (u.å. i). Ozon. Åtkommen via: <http://malmo.se/Medborgare/Miljo--hallbarhet/Miljolaget-i-Malmo/Luft/Luftfororeningar-/Ozon.html>, [2014-04-22].

Malmö stad. (u.å. j). Partiklar. Åtkommen via: <http://malmo.se/Medborgare/Miljo--hallbarhet/Miljolaget-i-Malmo/Luft/Luftfororeningar-/Partiklar.html>, [2014-04-28].

Malmö stad. (u.å. k). Plantera ett träd. Åtkommen via: <http://www.malmo.se/Medborgare/Idrott--fritid/Natur--friluftsliv/Parker/Trad-i-Malmo/Plantera-ett-trad.html>, [2014-05-03].

Malmö stad. (u.å. l). Sveriges klimatsmartaste stad. Åtkommen via: <http://miljobarometern.malmo.se/miljomal/sveriges-klimatsmartaste-stad/>, [2014-05-09].

Malmö stad. (u.å. m). Tåliga stadsträd. Åtkommen via: <http://www.malmo.se/Medborgare/Idrott--fritid/Natur--friluftsliv/Parker/Trad-i-Malmo/Taliga-stadstrad.html>, [2014-03-05].

Malmö stad. (u.å. n). Utredningskategori i Anpassn. till klimatförändr. Åtkommen via: <http://miljobarometern.malmo.se/miljomal/sveriges-klimatsmartaste-stad/anpassning-till-klimatforandringarna/utredningskategori-i-anpassn-till-klimatforandr/>, [2014-04-29].

Malmö stad. (u.å. o). Övervakning av luftkvaliteten. Åtkommen via: <http://www.malmo.se/Medborgare/Miljo--hallbarhet/Miljolaget-i-Malmo/Luft/Overvakning-av-luftkvaliteten.html>, [2014-05-07].

Mathey, J., Roessler, S., Lehmann, I. & Braeuer, A. (2011). Urban Green Spaces: Potentials and Constraints for Urban Adaptation to Climate Change. I: Otto-Zimmermann, K. (red.) Resilient Cities: Cities and Adaptation to Climate Change Proceedings of the Global Forum 2010. Local Sustainability 1, 479-485. New York: Springer.

Miljömål. (2012-03-26). Frisk luft. Åtkommen via: <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/2-Frisk-luft/>, [2014-04-27].

Miljömål. (2014-03-26a). Marknära ozon i luft. Åtkommen via: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=104&pl=1>, [2014-04-28].

Miljömål. (2014-03-26b). Partiklar i luft. Åtkommen via: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=105&pl=1>, [2014-04-28].

Miljömål. (2014-03-26c). Partiklar i luft – Malmö. Åtkommen via: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=105&pl=3&t=Ort&l=3604>, [2014-04-28].

Miljömål. (2014-03-26d). Partiklar i luft – Skåne län. Åtkommen via: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=105&pl=2&t=Lan&l=12>, [2014-04-28].

Nationalencyklopedin. (2014). Albedo. Åtkommen via: <http://www.ne.se/lang/albedo>, [2014-05-02].

Naturvårdsverket. (2014-03-17). Ozon. Åtkommen via: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Ozon/>, [2014-05-11].

Naturvårdsverket. (2014-01-10). Marknära ozon. Åtkommen via: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Ozon/Marknara-ozon/>, [2014-03-24].

Naturvårdsverket. (2013-02-07). Precisering av frisk luft. Åtkommen via: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Frisk-luft/Precisering-av-Frisk-luft/>, [2014-03-24].

Naturvårdsverket. (2012-09-20). Frisk luft. Åtkommen via: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Frisk-luft/>, [2014-03-24].

Nowak, D. J. (2002). The effects of urban trees on air quality. USDA Forest Service Åtkommen via: <http://home.earthlink.net/~colonelbleep/data/EX%20BB%20-%20THE%20EFFECTS%20OF%20URBAN%20TREES%20ON%20AIR%20QUALITY.pdf>, [2014-03-10].

Persson, K. (2014-05-09). Katrin Persson, Utredare Miljöförvaltningen, Malmö stad. E-postkonversation.

Roloff, A., Korn, S. & Gillner, S. (2009). The Climate-Species-Matrix to select tree species for urban habitats considering climate change. *Urban Forestry & Urban Greening* 8(4), 295–308.

Sanders, R. A. (1986). Urban vegetation impacts on the hydrology of Dayton, Ohio. *Urban Ecology* 9(3–4), 361–376 (Special Issue Ecology of the Urban Forest II).

SCB. (2010). Förändring av vegetationsgrad och grönytor inom tätorter 2000-2005. Serie: MI12 Grönytor. Artikelnummer: MI12SM1003. Åtkommen via: http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0805/2005A01X/MI0805_2005A01X_SM_MI12SM1003.pdf, [2014-04-06].

Sjöman, J. D. & Gill, S. E. (2014). Residential runoff – The role of spatial density and surface cover, with a case study in the Höjeå river catchment, southern Sweden. *Urban Forestry & Urban Greening* 13(2), 304–314.

SMHI. (2009-09-23). Dataserier med normalvärden för perioden 1961-1990. Åtkommen via: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/dataserier-med-normalvärden-1.7354>, [2014-04-14].

SMHI. (u.å. a). Klimatscenarier. Åtkommen via: <http://www.smhi.se/klimatdata/Framtidens-klimat/Klimatscenarier/Europa?area=lan&var=t&sc=rcp85&seas=ar&dnr=0&sx=0&sy=77#area=lan&dnr=12&sc=rcp85&seas=ar&var=t>, [2014-03-11].

SMHI. (u.å. b). Års- och månadsstatistik. Åtkommen via: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/klimatdata-2.1240>, [2014-04-14].

Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings* 25(2), 99–103.

Tallis, M., Taylor, G., Sinnett, D. & Freer-Smith, P. (2011). Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments. *Landscape and Urban Planning* 103(2), 129–138.

Urban air quality management toolbox. (u.å.). Tool 28 – Some technical concepts and terms explained. Åtkommen via: <http://ww2.unhabitat.org/wuf/2006/aqm/tool28.htm>, [2014-03-24].

Villarreal, E. L., Semadeni-Davies, A. & Bengtsson, L. (2004). Inner city stormwater control using a combination of best management practices. *Ecological Engineering* 22(4–5), 279–298.

Zimmerman, R. & Faris, C. (2011). Climate change mitigation and adaptation in North American cities. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3(3), 181–187.